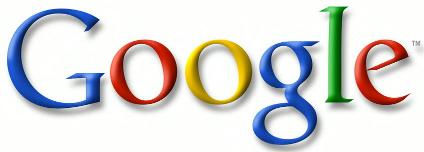
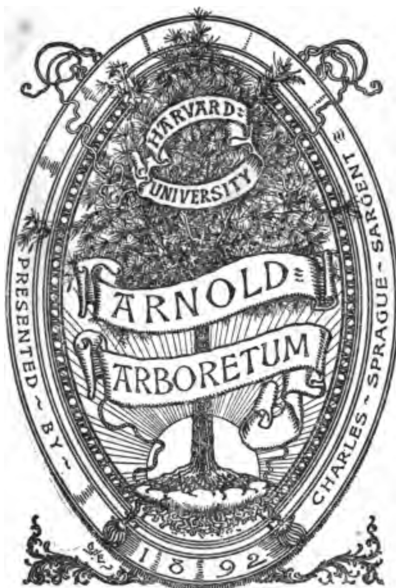
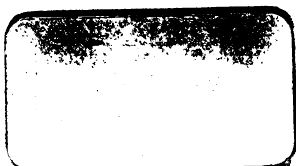



HARVARD UNIVERSITY
ARNOLD
ARBORETUM
PRESENTED ~ BY ~ CHARLES ~ SPRAGUE ~ SARGENT
1892



Leitfaden

der

Holzmeßkunde

von

Dr. Adam Schwappach,

Königl. Professor und Dirigent der forstlichen Abteilung der Hauptstation
des forstlichen Versuchswesens zu Eberswalde.

Mit 24 in den Text gedruckten Abbildungen.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1889.

Leitfaden

der

Holzmeßkunde

von

Dr. Adam Schwappach,
Königl. Professor und Dirigent der forstlichen Abteilung der Hauptstation
des forstlichen Versuchswesens zu Eberswalde.

Mit 24 in den Text gedruckten Abbildungen.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1889.

Vorwort.

Das vorliegende Buch soll, wie sein Titel sagt, lediglich ein „Leitfaden" sein, eine Grundlage für den akademischen Unterricht und ein Anhalt zur rascheren Orientierung beim Selbststudium. Bereits bei meinen Vorlesungen über Holzmeßkunde in Gießen habe ich das Fehlen eines Grundrisses unangenehm empfunden, noch mehr aber machte sich dieser Mangel hier in Eberswalde fühlbar, wo die Stundenzahl für die Vorlesungen über diese Disziplin mit Rücksicht auf die äußerst knapp bemessene Studienzeit ungemein beschränkt ist.

Bei Abfassung dieses Leitfadens ist mein Bestreben dahin gegangen, aus dem umfangreichen Gebiet der Holzmeßkunde hauptsächlich das hervorzuheben, was für den praktischen Gebrauch im Forstbetrieb sowie bei Ausführung von forstlichen Versuchsarbeiten notwendig ist und sich bewährt. Verschiedene ganz veraltete Begriffe, wie z. B. Abstandszahl, sind deswegen weggeblieben oder doch nur flüchtig erwähnt. Aus diesem Grund ist auch der Abschnitt über die Massenermittelung des liegenden Stammes erheblich kürzer gefaßt als es sonst zu sein pflegt, das gleiche gilt für die Instrumentenlehre. Ich glaubte um so mehr hierzu berechtigt zu sein, als ich bei dieser Arbeit doch in erster Linie die hiesigen Verhältnisse im Auge hatte und hier die genannten beiden Kapitel in den Vorlesungen über Mathematik eingehender behandelt werden.

Eberswalde, im Juli 1889.

Dr. Schwappach.

Inhaltsübersicht.

Seite

I. Abschnitt.

Instrumentenlehre.

1. Instrumente zur Ermittelung der Baumstärke.

2. Instrumente zur Ermittelung der Baumlängen.

3. Instrumente zur physikalischen Kubierung.

II. Abschnitt

Ermittelung des Inhaltes einzelner liegender Stämme und Stammteile.

1. Stereometrisches Verfahren.

2. Physikalisches Verfahren.

III. Abschnitt.

Ermittelung des Inhaltes einzelner stehender Bäume.

1. Schätzung nach dem Augenmaß.

2. Schätzung nach Formzahlen.

3. Schätzung nach Massentafeln

4. Stammkubierung nach Grundstärke und Richthöhe.

5. Sektionsweise Kubierung stehender Stämme.

IV. Abschnitt.

Ermittelung des Holzmassengehaltes ganzer Bestände.

I. Bestandesmassenermittelung durch Schätzung.

II. Bestandesmassenermittelung durch Messung.

1. Verfahren der Bestandesmassenermittelung für den Fall, daß die Höhe eine Funktion der Stärke ist.

a. Massenermittelung durch Fällung von Probestämmen.

I. Zuwachsermittelung am Einzelstamm.

1. Ermittelung der absoluten Größe des Zuwachses.

2. Ermittelung des Zuwachsprozentes.

II. Zuwachsermittelung an Beständen.

Einleitung.

§ 1.

Die Holzmeßkunde beschäftigt sich mit der Ermittelung der Masse, des Alters und des Zuwachses einzelner Bäume und ganzer Bestände.

Synonym: Baum- und Bestandesschätzung, Holztaxation, forstliche Körperlehre oder Stereometrie, Holzmeßkunst. Letztere, früher viel gebrauchte Bezeichnung ist ganz ungeeignet, denn nach der in der Lehre von der Ästhetik gegebenen Definition ist: „Kunst die Fähigkeit des Menschen etwas hervorzubringen, was den Eindruck des Schönen macht oder machen soll", ein Bestreben, welches jedenfalls außerhalb der Aufgaben dieser Disziplin liegt.

Die Holzmeßkunde wurde früher allgemein und auch gegenwärtig noch häufig, als ein Teil der Lehre von der Forsteinrichtung behandelt. Wenn dieselbe auch für die Zwecke der Betriebsregulierung höchst wichtige Dienste leistet, so muß doch berücksichtigt werden, daß die Holzmeßkunde jetzt noch eine viel weitergehende Anwendung findet. Sie bietet die Mittel, um den Effekt der forstlichen Produktion dem Volumen nach zu bestimmen und ist deshalb bei allen forststatischen Untersuchungen unentbehrlich. Besonders seit der Begründung des forstlichen Versuchswesens hat die Holzmeßkunde durch Benützung geeigneter Instrumente und durch feinere Ausbildung der Messungsmethoden und Beobachtungsregeln große Fortschritte gemacht.

Bei der großen Ausdehnung und vielseitigen Bedeutung, welche dieses Gebiet in der Neuzeit gewonnen hat, darf die Holzmeßkunde nunmehr den Rang einer selbständigen Disziplin für sich in Anspruch nehmen.

Die Lehrsätze der Stereometrie und Physik bilden die Grundlage der Holzmeßkunde, aber eine einseitige mathematische Behandlungsweise führt in vielen Fällen zu Resultaten, welche für die Praxis und Wissenschaft gleich unfruchtbar sind.

Die unmittelbare und systematische Massenbeobachtung nach exakten Methoden unter Berücksichtigung der naturwissenschaftlichen und waldbaulichen Forschungen kann auf diesem Gebiet allein dazu führen, die zu Grunde liegenden Gesetze, trotz der großen Mannigfaltigkeit der einzelnen Erscheinungen, aufzufinden.

Litteratur: Baur, die Holzmeßkunde, 3. Aufl., Berlin 1882; Kunze, Lehrbuch der Holzmeßkunst, Berlin 1873; Guttenberg, Holzmeßkunde, in Lorey's Handbuch der Forstwissenschaft 1888, Bd. II, p. 96 ff.; Heyers Waldertragsregelung, 3. Aufl., Leipzig 1883, bringt eine kurze Darstellung der gesamten Holzmeßkunde. Die meisten neueren Arbeiten auf dem Gebiet der Holzmeßkunde sind teils in Monographien, namentlich jenen über Ertragsuntersuchungen, teils in Journalartikeln enthalten. Unter diesen Spezialarbeiten ist hier besonders: Kunze, Anleitung zur Aufnahme der Holzbestände, Berlin 1886, zu nennen.

Die Maßeinheit für die Bemessung der Holzmassen und des Zuwachses ist der Kubikmeter, und zwar der mit solider Holzmasse ausgefüllte Raum desselben, welcher „Festmeter" genannt wird. Wenn das Volumen eines Kubikmeters nicht stetig mit Holzmasse ausgefüllt ist, wie z. B. bei dem aufgearbeiteten Brennholz, wird der Inhalt eines solchen „Raummeters" (in Bayern „Stere" genannt) an solider Holzmasse nach den später zu besprechenden Methoden ermittelt.

Der „Festmeter" bildet auch im Forsthaushalt die Rechnungseinheit für die Verbuchung der Holzmassen, mit Ausnahme von Bayern, wo z. Z. noch nach Steren (Raummetern) verbucht wird.

I. Abschnitt.

Instrumentenlehre.

---

1. Instrumente zur Ermittelung der Baumstärke.

§ 2. Instrumente zur Umfangsmessung.

Jene Baumteile, an welchen eine Messung der Stärke zum Zweck der Inhaltsermittelung vorgenommen wird, nämlich der Schaft und bisweilen auch noch die stärkeren, regelmäßig gewachsenen Äste, können für die gegenwärtigen Betrachtungen als Umdrehungskörper angesehen werden. Querflächen, welche durch Schnitte rechtwinkelig zur Achse erhalten werden, sind demnach Kreise.

In den meisten Fällen müssen die Dimensionen zur Berechnung dieser Querflächen erhoben werden, ohne daß ein unmittelbares Auflegen eines Maßstabes auf ihnen selbst möglich ist.

Die Berechnung des Inhaltes eines Kreises kann entweder aus dem Umfang oder aus dem Durchmesser geschehen.

In früherer Zeit war die Messung des Umfanges weitaus die gebräuchlichere. Dieselbe erfolgte entweder mittels des sogenannten **Meßbandes** oder **Spannmaßes** oder eines dünnen, gut gedrehten **Bindfadens**.

Die Bezeichnung „Spannmaß" rührt davon her, daß früher, im 17. und 18. Jahrhundert, die Anzahl „Spannen", welche ein Baum im Umfang hatte (= 27 Zoll), als Grundlage der Inhaltsmessung benutzt wurde.

Das Meßband ist ein 1,5—3 cm breites, leinenes oder hanfenes, gut gefirnißtes Band, welches auf der inneren Seite (um den Fehler zu vermeiden, welcher anderenfalls aus der Mitrechnung der Dicke des Bandes entstünde) die dem Umfang entsprechende Längenteilung und häufig auf der äußeren auch die korrespondierenden Kreisflächenangaben enthält. Das eine Ende desselben ist mit Häkchen versehen, um in die Rinde eingedrückt zu werden, das andere ist an einem in der Achse einer ledernen, hölzernen oder metallenen Kapsel angebrachten drehbaren Cylinder befestigt, auf welchen es aufgerollt werden kann.

In neuerer Zeit hat man vielfach 0,5—1 cm breite Stahlmeßbänder, welche sich durch eine Feder von selbst aufrollen.

Die früher, namentlich in Preußen, gebräuchliche Baummeßkette mit deren 3 cm langen Gliedern lieferte ganz schlechte Resultate, weil sich dieselbe dem Stamme bei weitem weniger anschmiegte als das Meßband. Dieselbe ist deshalb jetzt mit Recht vollständig außer Gebrauch.

Die Resultate der Umfangsmessung sind wenig genau, weil der Umfang wegen der vorstehenden Rindenschuppen gewöhnlich zu groß gemessen wird und weil alle Baumquerflächen mehr oder minder von der Kreisform abweichen. Die Messung des Umfangs wird außerdem häufig fehlerhaft ausgeführt, weil man denselben nicht genau rechtwinkelig zur Längsachse und deshalb zu groß bestimmt. Örtlichen Unregelmäßigkeiten kann ferner hierbei nicht so leicht ausgewichen werden, als bei der Ermittelung des Durchmessers mit Hilfe der Kluppe, und zwar umso weniger, je breiter die Meßbänder sind.

Nach Micklitz beträgt die Abweichung der mittels Umfangsmessung bestimmten Querfläche von der richtigen im Mittel + 6,8 %.

Die Vorzüge des Meßbandes bestehen darin, daß es leicht in der Tasche mitgeführt werden kann.

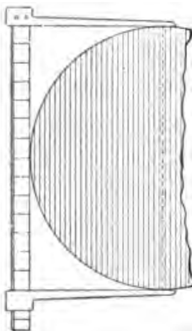
In der Praxis wird die Umfangsmessung aus den oben angeführten Gründen nur da noch angewendet, wo ein geringerer Grad von Genauigkeit genügt, also zur Orientierung, namentlich auf Reisen.

§ 3. Instrumente zur direkten Messung des Durchmessers.

Im forstlichen Betrieb ist an die Stelle der Messung des Umfanges jetzt allgemein jene des Durchmessers mit Hilfe der Kluppe (früher häufig auch Gabelmaß genannt) getreten.

Dieses Instrument, dessen Prinzip schon länger bekannt und für verschiedene gewerbliche Zwecke in Anwendung war, ist seit Anfang unseres Jahrhunderts allmählich immer mehr für die Bedürfnisse der Forstwirtschaft in Gebrauch gekommen.

Fig. 1.



Dasselbe besteht in seiner einfachsten Gestalt aus einem parallelepipedischen Maßstab, meist aus Holz, an dessen einem Ende ein Schenkel rechtwinkelig und fest in der Art angebracht ist, daß seine innere Fläche verlängert durch den Nullpunkt der Teilung des Maßstabes geht. Ein zweiter beweglicher Schenkel läßt sich an dem

Maßstab so verschieben, daß die innere Fläche in jeder Stellung rechtwinkelig zu diesem und damit auch parallel zu jener des festen Schenkels ist.

Wenn man von der Kreisform des Stammes, als von der normalen ausgeht, müssen die beiden Schenkel von der Innenfläche des Maßstabes an gerechnet mindestens halb so lang sein, als das Maximum des Durchmessers, dessen Größe am Maßstab abgelesen werden soll (Figur 1).

Beim Gebrauch bringt man den betreffenden Stamm beziehungsweise Baumteil zwischen die beiden Schenkel, drückt den festen Schenkel an, hält den Maßstab rechtwinkelig zur Längsachse des zu messenden Körpers, verschiebt dann den beweglichen Schenkel solange, bis er die andere Seite desselben berührt und liest nach dem Satz: Parallele zwischen Parallelen sind gleich, am Maßstabe die Größe des Durchmessers ab, ehe man die Kluppe vom Baum zurückzieht.

Des bequemeren Gebrauches wegen hat man Kluppen mit verschieden langen Maßstäben; die üblichen Längen für die Teilung derselben sind: 25, 60 und 100 cm. Die Teilung des Maßstabes ist für die Zwecke der Praxis gewöhnlich in ganzen Zentimetern, für wissenschaftliche Arbeiten von zwei zu zwei Millimetern ausgeführt. Bei Ermittelung der Bestandesgrundflächen kommen auch größere Intervalle, von zwei zu zwei und selbst von fünf zu fünf Zentimetern in Anwendung.

Da bei der Messung der Dimensionen, welche in der zweiten Hälfte des Teilungsintervalles des Maßstabes liegen (z. B. bei Teilung nach ganzen Zentimetern 0,51 cm und mehr) bereits der folgenden Stärkestufe, jene dagegen, welche in die erste Hälfte fallen, der vorausgehenden zugewiesen werden, so entstehen dadurch Ungenauigkeiten, daß dem Kluppenführer (meist einem gewöhnlichen Waldarbeiter) die Entscheidung darüber überlassen werden muß, welcher Stärkestufe ein Durchmesser angehört. Dieser Mißstand wird durch die selbstabrundenden Kluppen umgangen, bei welchen die Teilstriche jedesmal nur die Grenze des Raumes bezeichnen, für dessen ganze Ausdehnung ein und dieselbe Durchmesserzahl gilt, es ist dieses jene, welche innerhalb des betreffenden Raumes geschrieben steht. Zu diesem Zweck beträgt der Abstand des ersten Teilstriches vom Anfangspunkt

des Maßstabes nur die Hälfte des als Teilungseinheit angenommenen Intervalles, während die übrigen Teilstriche von hier ab regelmäßig aufeinanderfolgen. Wenn a die Größe des Teilungsintervalles bezeichnet, so wird in dem ersten ganzen Intervall 1×a, in den folgenden 2×a u. s. w. geschrieben. Bei der Teilung nach Zentimetern würde z. B. der erste ganze Skalateil den Raum von 0,51 bis 1,50 cm, der zweite jenen von 1,51—2,50 cm u. s. w. umfassen und mit 1 bez. 2 bezeichnet sein.

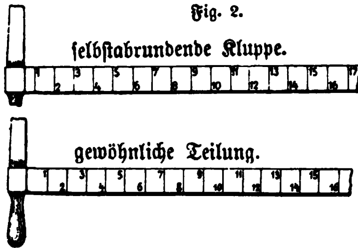


Fig. 2.

Eine derartige Teilung ist also stets gegen den wirklichen Längenmaßstab um $\frac{1}{2}$a nach dem Nullpunkt der Teilung verschoben, wie Figur 2 zeigt.

Wenn die Intervalle sehr groß gewählt werden (3 cm und mehr), so kann es sich empfehlen, den Maßstab nicht nach den wirklichen Stärkestufen 1a, 2a u. s. w., sondern nach Klassen mit: I, II u. s. w. zu bezeichnen, indem hierdurch die Arbeit im Wald vereinfacht wird.

Die Ziffer des Maßstabes muß stets möglichst nahe an den Anfang des betreffenden Intervalles geschrieben werden.

An eine gute Kluppe stellt man folgende Anforderungen:

1. Die Kluppe soll so leicht und doch auch so solid sein, daß sie einerseits bei längerer Arbeitsdauer nicht ermüdet und andererseits nötigenfalls eine etwas rauhe Behandlung in den Händen der Arbeiter verträgt;
2. die beiden Schenkel müssen bei der Messung stets rechtwinkelig zum Maßstab stehen und in einer Ebene liegen;
3. der bewegliche Schenkel muß sich leicht hin- und herschieben lassen, darf hierbei aber keinerlei Drehungen machen (ausgenommen ist die Aldenbrück-Friedrich'sche Kluppe).

§ 4. Beschreibung einiger Kluppenkonstruktionen.

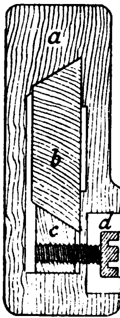
Die Kluppen werden wegen der leichteren Handhabung nur selten aus Metall (Eisen, in neuerer Zeit auch öfters vernickelt), sondern meist aus Holz gefertigt. Da dieses aber bald quillt, so daß der

verschiebbare Schenkel seine Beweglichkeit verliert und bald austrocknet, wodurch der Parallelismus der Schenkel gestört wird, indem die Hülse des beweglichen Schenkels nicht mehr fest an dem Maßstab anschließt und ersterer schlottert, so hat man diese Mißstände durch verschiedene Konstruktionen zu beseitigen gesucht.

Die beste derselben ist jene, welche Professor Gustav Heyer in Verbindung mit dem Mechaniker Staudinger in Gießen angegeben hat.

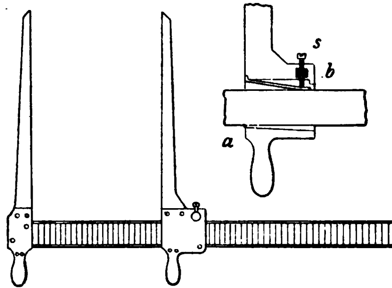
Bei der G. Heyer'schen Kluppe (Figur 3) hat der Maßstab die Form eines Paralleltrapezes. Um das Schlottern zu verhüten und den Einfluß des Schwindens zu paralysieren, ist der Metallkeil *c* unterhalb des Maßstabes *b* angebracht, welcher mittels einer Schraube *d* vor- und rückwärts bewegt werden kann. Zur Beseitigung des toten Ganges der Schraube dienen zwei kleine Spiralfedern, welche zwischen dem Keil und der Wand der Hülse eingelassen sind.

Fig. 3.



a beweglicher Schenkel; *b* Maßstab; *c* Metallkeil; *d* Schraube.

Fig. 4.



a innerer; *b* äußerer Stützpunkt (Feder); *s* Schraube.

Sehr gut ist auch die 1864 von dem preußischen Oberförster Aldenbrück und später 1874 (unabhängig von diesem) vom damaligen Oberforstingenieur, nunmehrigen k. k. Oberforstrat Friedrich konstruierte Kluppe, welche neuerdings vom k. k. Forstverwalter Emil Böhmerle noch erheblich verbessert worden ist*), obwohl hier der Einfluß des Quellens nicht so vollständig beseitigt werden kann, wie bei der G. Heyer'schen Kluppe.

Bei der Friedrich'schen Kluppe (Figur 4) hat der bewegliche Schenkel einen Ausschnitt, welcher breiter als der Maßstab und schräg gegen diesen gestellt ist. Derselbe hat

*) Forstl. Zentralblatt 1888, p. 489.

des Maßstabes nur die Hälfte des als Teilungseinheit angenommenen Intervalles, während die übrigen Teilstriche von hier ab regelmäßig aufeinanderfolgen. Wenn a die Größe des Teilungsintervalles bezeichnet, so wird in dem ersten ganzen Intervall 1×a, in den folgenden 2×a u. s. w. geschrieben. Bei der Teilung nach Zentimetern würde z. B. der erste ganze Skalateil den Raum von 0,51 bis 1,50 cm, der zweite jenen von 1,51—2,50 cm u. s. w. umfassen und mit 1 bez. 2 bezeichnet sein.



Fig. 2.

Eine derartige Teilung ist also stets gegen den wirklichen Längenmaßstab um ½ a nach dem Nullpunkt der Teilung verschoben, wie Figur 2 zeigt.

Wenn die Intervalle sehr groß gewählt werden (3 cm und mehr), so kann es sich empfehlen, den Maßstab nicht nach den wirklichen Stärkestufen 1a, 2a u. s. w., sondern nach Klassen mit: I, II u. s. w. zu bezeichnen, indem hierdurch die Arbeit im Wald vereinfacht wird.

Die Ziffer des Maßstabes muß stets möglichst nahe an den Anfang des betreffenden Intervalles geschrieben werden.

An eine gute Kluppe stellt man folgende Anforderungen:

1. Die Kluppe soll so leicht und doch auch so solid sein, daß sie einerseits bei längerer Arbeitsdauer nicht ermüdet und andererseits nötigenfalls eine etwas rauhe Behandlung in den Händen der Arbeiter verträgt;
2. die beiden Schenkel müssen bei der Messung stets rechtwinkelig zum Maßstab stehen und in einer Ebene liegen;
3. der bewegliche Schenkel muß sich leicht hin- und herschieben lassen, darf hierbei aber keinerlei Drehungen machen (ausgenommen ist die Aldenbrück-Friedrich'sche Kluppe).

§ 4. Beschreibung einiger Kluppenkonstruktionen.

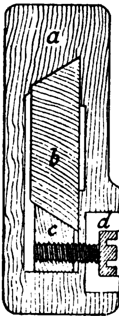
Die Kluppen werden wegen der leichteren Handhabung nur selten aus Metall (Eisen, in neuerer Zeit auch öfters vernickelt), sondern meist aus Holz gefertigt. Da dieses aber bald quillt, so daß der

verschiebbare Schenkel seine Beweglichkeit verliert und bald austrocknet, wodurch der Parallelismus der Schenkel gestört wird, indem die Hülse des beweglichen Schenkels nicht mehr fest an dem Maßstab anschließt und ersterer schlottert, so hat man diese Mißstände durch verschiedene Konstruktionen zu beseitigen gesucht.

Die beste derselben ist jene, welche Professor Gustav Heyer in Verbindung mit dem Mechaniker Staudinger in Gießen angegeben hat.

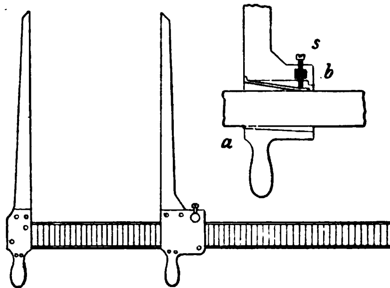
Bei der G. Heyer'schen Kluppe (Figur 3) hat der Maßstab die Form eines Paralleltrapezes. Um das Schlottern zu verhüten und den Einfluß des Schwindens zu paralysieren, ist der Metallkeil *c* unterhalb des Maßstabes *b* angebracht, welcher mittels einer Schraube *d* vor- und rückwärts bewegt werden kann. Zur Beseitigung des toten Ganges der Schraube dienen zwei kleine Spiralfedern, welche zwischen dem Keil und der Wand der Hülse eingelassen sind.

Fig. 3.



a beweglicher Schenkel; *b* Maßstab; *c* Metallkeil; *d* Schraube.

Fig. 4.



a innerer; *b* äußerer Stützpunkt (Feder); *s* Schraube.

Sehr gut ist auch die 1864 von dem preußischen Oberförster Aldenbrück und später 1874 (unabhängig von diesem) vom damaligen Oberforstingenieur, nunmehrigen k. k. Oberforstrat Friedrich konstruierte Kluppe, welche neuerdings vom k. k. Forstverwalter Emil Böhmerle noch erheblich verbessert worden ist*), obwohl hier der Einfluß des Quellens nicht so vollständig beseitigt werden kann, wie bei der G. Heyer'schen Kluppe.

Bei der Friedrich'schen Kluppe (Figur 4) hat der bewegliche Schenkel einen Ausschnitt, welcher breiter als der Maßstab und schräg gegen diesen gestellt ist. Derselbe hat

*) Forstl. Zentralblatt 1888, p. 489.

man besondere Instrumente, die Baumstärkenmesser, welche später bei den Höhenmessern besprochen werden sollen.

Bei der Ermittelung des Flächeninhaltes von Stammscheiben werden die nöthigen Dimensionen mit Hilfe passender Maßstäbe direkt abgelesen.

§ 5. Instrumente zur Ermittelung des Stärkezuwachses.

Für die Zwecke der Zuwachsuntersuchung ist es häufig notwendig nicht nur den gegenwärtigen Durchmesser, sondern auch die Zunahme messen zu können, welche derselbe im Laufe der früheren Lebensperioden erfahren hat.

Wenn der Stamm zerschnitten ist, dann kann diese Messung auf den Querflächen direkt mittels gewöhnlicher, am besten prismatischer, Maßstäbe vorgenommen werden. Für feinere Untersuchungen hat der Mechaniker Staudinger in Gießen eine feine Metallkluppe aus Messing mit Spitzen konstruiert (sog. Scheerenmeßstab), welche mit Hilfe eines Nonius die Ablesung bis auf 0,1 mm gestattet. Dieselbe wird gegenwärtig wenig mehr gebraucht, sondern man benutzt die ungleich bequemeren Baur'schen Zuwachsstäbe. Es sind dieses prismatische Maßstäbe, welche von dem in der Mitte liegenden Nullpunkt aus nach beiden Seiten hin in halbe Millimeter getheilt sind. Vor dem Nullpunkt ist eine kleine Hülse angebracht, um mittels eines in diese gestellten Stiftes den Maßstab im Kern der Scheibe befestigen zu können.

Derartige Zuwachsstäbe werden aus Holz oder aus Metall gefertigt. Mechaniker Vogl in München liefert einen Satz von 10 verschieden langen hölzernen Zuwachsstäben zu dem Preise von 47 Mark, bei Mechaniker Sprenger in Berlin kostet ein Satz von zwei Zuwachsstäben aus Neusilber 67 Mark.

Professor von Guttenberg verwendet für die gleichen Zwecke einen Stangenzirkel aus Messing*), welcher vom Mechaniker Schneider in Wien für 22 Mark geliefert wird.

Daß mit den vorgenannten Instrumenten auch die Messung der gegenwärtigen Stärkedimensionen auf den Querflächen vorgenommen werden kann, bedarf wohl kaum einer besonderen Erwähnung.

Wenn eine Messung des Stärkezuwachses auf den Querflächen nicht stattfinden kann oder soll, also beim stehenden Stamm immer,

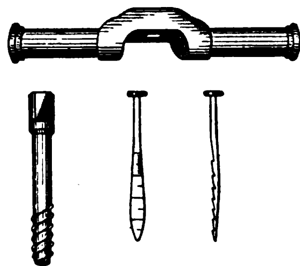
---

*) Lorey, Handbuch der Forstwissenschaft II. Bd. p. 197.

aber auch häufig beim liegenden Stamm, wird diese Messung an Holzstücken ausgeführt, welche mit Hilfe des Preßler'schen Zuwachsbohrers dem Stamm entnommen worden sind.

Der Preßlersche Zuwachsbohrer*) (Figur 5) (verbessert von Neumeister) besteht im wesentlichen aus drei gesonderten Stücken:

Fig. 5.



1. Aus einem Hohlbohrer, welcher sich von der Spitze gegen die Handhabe zu kegelförmig erweitert;

2. aus der Handhabe, welche innen hohl ist und zur Aufbewahrung des Bohrers und der Klemmnadel dient;

3. aus der Klemmnadel. Dieselbe ist auf der einen Seite mit einer Maßeinteilung, auf der andern mit einer Zahnung versehen und hauptsächlich dazu bestimmt, den Span, nachdem er in der gewünschten Länge gebohrt ist, gegen die Innenwand des Bohrers zu pressen und festzuhalten, um hierdurch seine Trennung vom Stammkörper und das Herausziehen zu ermöglichen.

Bei der Anwendung setzt man den Bohrer möglichst in radialer Richtung und rechtwinklig zur Stammachse an, dreht anfangs langsam, später in beliebig raschem Tempo, führt, wenn tief genug gebohrt, die Klemmnadel zwischen Span und Bohrerwand vorsichtig ein, klemmt sie durch schwache Schläge auf ihrem Kopf fest, dreht den Bohrer zuerst etwas rückwärts, um den Span vom Holzkörper loszureißen und zieht dann den Span mit der Nadel oder, wenn das zu schwer gehen sollte, mit der Handhabe heraus.

Das Bohrloch wird, um Harzfluß und Faulstellen zu vermeiden, mit einem kleinen Holzstück oder mit Baumwachs geschlossen.

Bezugsquelle: Verlagsbuchhandlung von Perles in Wien; Preis 14 Mark.

Mit Hilfe des Zuwachsbohrers kann man ca. 6 mm starke und je nach der Holzart und Bohrersorte 5—15 cm lange Bohrspäne erhalten. Die Messung der Jahrringbreiten erfolgt in den zuerst mit einem scharfen Messer an der Faserrichtung beschnittenen und geglätteten Spänen entweder mittels der auf der Rückseite der Nadel eingegriffenen Teilung oder mit Hilfe einer dem Apparate beigegebenen Blechhülse, welche ebenfalls eine Maßeinteilung enthält

2. Instrumente zum Messen der Baumlängen.

§ 6. Instrumente zur Längenmessung am liegenden Stamm.

Bei gefällten Stämmen und Stammteilen wird die Länge entweder mittels Latten oder mittels Meßbänder bestimmt.

---

*) Auf Anregung Preßlers von dem Büchsenmacher Byssel zu Tharand konstruiert.

1. Die **Latten** bestehen aus 1—5 m langen Stäben von möglichst hartem, geradfaserigem, gut ausgetrocknetem und zum Schutz gegen die Feuchtigkeit mit Firnis überzogenem Holz. Der Querschnitt ist quadratisch oder rechteckig, die Größe der Seitenkanten schwankt zwischen 2 und 4 cm. Die Enden werden rechtwinklig abgeschnitten und mit Metall beschlagen. Die im gewöhnlichen Betriebe gebrauchten Latten sind in Dezimeter, jene für feinere Messungen in Zentimeter geteilt.

2. Die **Meßbänder**, welche bei Messung der Baumlängen benutzt werden, sind die gleichen, wie die zu sonstigen Meßzwecken gebräuchlichen. Stahlmeßbänder eignen sich jedoch trotz ihrer größeren Genauigkeit wegen der nicht deutlich erkennbaren Teilung weniger gut für diese Zwecke. Die Meßbänder haben bei Schnee und schmutzigem Wetter, sowie bei den harzreichen Nadelhölzern im Sommer bedeutende Schattenseiten, sie sind aber viel bequemer als die Latten und werden deshalb namentlich für wissenschaftliche Untersuchungen benutzt, bei denen es notwendig ist an demselben Stamm unmittelbar nacheinander verschiedene Längendimensionen zu bestimmen.

Da die Oberfläche des Stammes nicht parallel zur Achse desselben verläuft, so begeht man einen Fehler, wenn die Instrumente zum Längenmessen auf erstere gelegt werden, allein derselbe ist so verschwindend (selbst bei sehr abholzigen Stämmen nur etwa 1 : 20000), daß er auch für feinere Arbeiten vernachlässigt werden darf.

§ 7. Geometrisches Höhenmessen.

Die Instrumente zum Messen der Höhen am **stehenden** Stamm sind zwar ungemein mannigfaltig konstruiert, beruhen jedoch sämtlich nur auf zwei nicht wesentlich verschiedenen Prinzipien.

Sie bestimmen nämlich die Höhe entweder mit Hilfe ähnlicher Dreiecke (**geometrisches** Höhenmessen) oder sie dienen zur Bestimmung des Elevations- bezw. Depressionswinkels (**trigonometrisches** Höhenmessen).

Theorie des geometrischen Baumhöhenmessens.

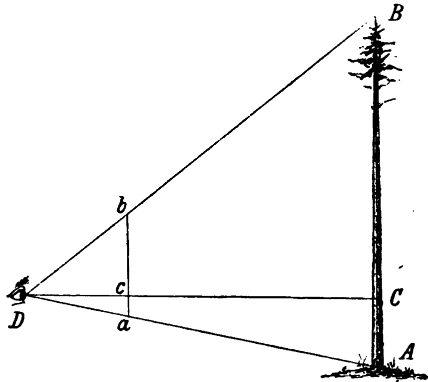
Denkt man sich durch das Auge des Beobachters eine Horizontalebene gelegt, so trifft dieselbe je nach dem Standpunkt des Beobachters den Baum entweder zwischen der Spitze (bezw. dem Punkt, dessen

Höhe bestimmt werden soll) und dem Fußpunkt und teilt denselben in zwei Stücke, von denen eines über das andere unter dieser Ebene liegt, oder sie geht unter dem Fußpunkt bezw. über der Spitze hinweg.

In jedem dieser drei Fälle geben sich unter der Voraussetzung eines vertikalstehenden Schaftes und der hierdurch bedingten Parallelität zwischen letzterem und dem an diesen Höhenmessern stets vorhandenem Loth durch Visieren mittels geeigneter Vorrichtungen nach der Spitze des Baumes bezw. dessen Fußpunkt ähnliche Dreiecke, welche zur Bestimmung der Baumhöhe benutzt werden können.

Nebenstehende schematische Figuren (6—8) stellen die genannten drei Fälle dar.

Fig. 6.



Bezeichnet AB die Baumhöhe und C den Punkt, in welchem die Horizontalebene durch das Auge des Beobachters die Achse des Stammes bezw. deren Verlängerung trifft, b, a und c die bei der Vision nach der Spitze und dem Fuß des Baumes vom Höhenmesser fixierten korrespondierenden Punkte, so erhält man die Baumhöhe AB = h in folgender Weise:

1. Die Ebene durch das Auge des Beobachters trifft den Stamm zwischen Spitze und Fußpunkt (Figur 6).

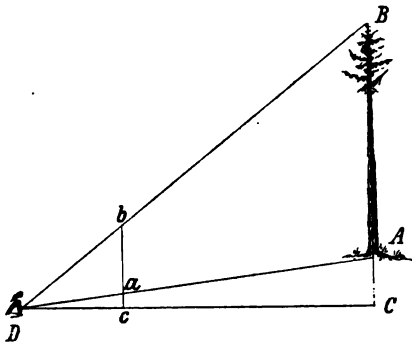
$$BC : bc = DC : Dc \text{ und hieraus } BC = \frac{bc \,.\, DC}{Dc}$$

$$CA : ca = DC : Dc \text{ ebenso } CA = \frac{ca \,.\, DC}{Dc}$$

$$BC + CA = AB = h = \frac{(bc + ca)\, DC}{Dc}$$

2. Die Visierebene geht unter dem Fußpunkt des Baumes hindurch.

Fig. 7.



Aus Figur 7 folgt für diesen Fall:

$$h = BC - CA = \frac{(bc - ca)\ DC}{Dc}$$

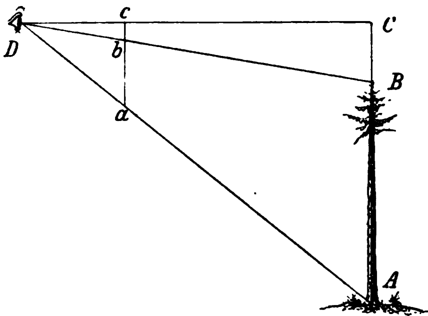
3. Die Visierebene geht über die Spitze des Baumes weg.

In analoger Weise wird hier, wie Figur 8 ersehen läßt:

$$h = CA - BC = \frac{(ca - bc)\ DC}{Dc}$$

Zur Ermittelung der Baumhöhen sind also zwei Messungen nötig, da der Höhenabstand der Spitze und des Fußpunktes gegenüber der Horizontalen getrennt bestimmt und erst durch Kombination dieser beiden Größen in der eben angegebenen Weise die Baumhöhe gefunden wird.

Fig. 8.



ac, bc und Dc werden am Instrument in derselben Maßeinheit abgelesen, die horizontale Entfernung DC wird direkt in der Natur ermittelt.

Die Lage der Dreiecke Dcb und Dca ist an den einzelnen Instrumenten je nach der Konstruktion sehr verschieden.

Die Messung von DC kann auch umgangen, und dieses auf indirektem Wege in folgender Weise ermittelt werden:

Stellt man (Figur 9) neben den Stamm eine Latte MN von bekannter Länge l so auf, daß die Entfernung des Beobachters von der Stammachse jener von der der Latte gleich ist und sieht außer nach der Spitze und dem Fußpunkt des Baumes auch noch die beiden Enden der Latte, so erhält man auf dem Höhenmesser neben den

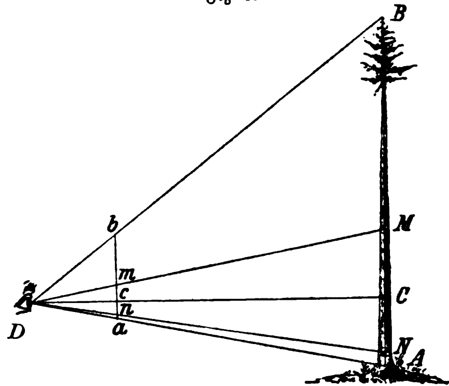
Abschnitten bc und ac auch noch die beiden andern cm und cn, sowie die ähnlichen Dreiecke DCM und Dcm, bez. DCN und Dcn:

$$\text{Da } DC : Dc = AB : ab$$
$$\text{und } DC : Dc = MN : mn, \text{ so ist auch}$$
$$AB : ab = MN : mn$$
$$AB = \frac{ab \,.\, MN}{mn} = \frac{ab \,.\, l}{mn}$$

Die Modifikationen dieses Ausdruckes für die oben angeführten drei Fälle der Höhenmessung ergeben sich von selbst.

Diese indirekte Messung der Entfernung ist wegen der Schwierigkeit der exakten Einvisierung mit den gewöhnlich ziemlich primitiven Visiervorrichtungen der Baumhöhenmesser weniger genau, als die meist ohne Schwierigkeit ausführbare direkte Distanzmessung, und wird deshalb nur ausnahmsweise angewandt.

Fig. 9.



Für jene Baumhöhenmesser, bei welchen es möglich ist die Größe ba = m unmittelbar abzulesen (Klaußner, Ed. Heyer, Sanlaville) läßt sich die Theorie viel einfacher aus dem Satz ableiten: Werden parallele Linien durch Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, geschnitten, so verhalten sich die entsprechenden, d. h. zwischen denselben beiden Strahlen gelegenen Abschnitte der Parallelen wie die zugehörigen Strahlenlängen. Bezeichnet l die Entfernung des Maßstabes, L jene des Baumes vom Auge und h die Baumhöhe, so ist demnach:

$$l : L = m : h \text{ und}$$
$$h = \frac{L}{l} \,.\, m$$

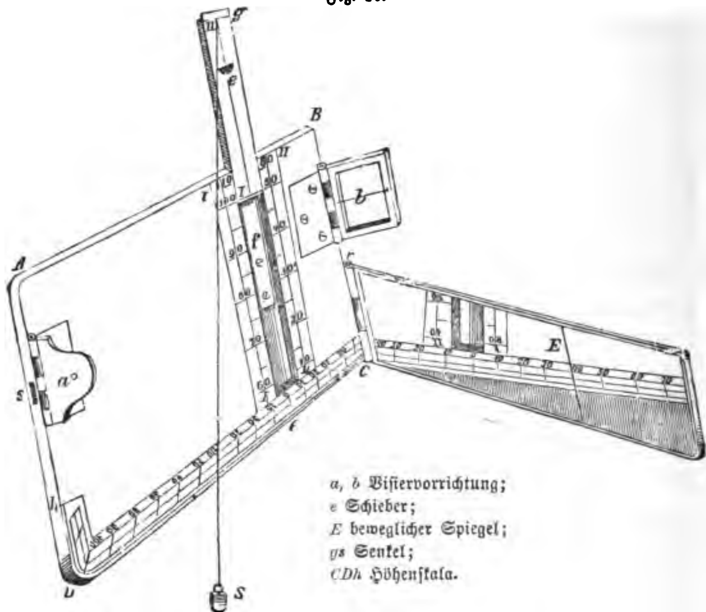
Die Zahl der Baumhöhenmesser (Hypsometer) ist eine sehr bedeutende, von den einfachsten Instrumenten, die Zimmermannskreuzen (Nasenhypsometer) angefangen, bis zu ganz komplizierten Apparaten

mit Stativ und sonstigem Zubehör. In der Praxis wirklich verwendbar sind nur jene, welche keines Stativs bedürfen und die gesuchte Baumhöhe ohne weitere Rechnung angeben.

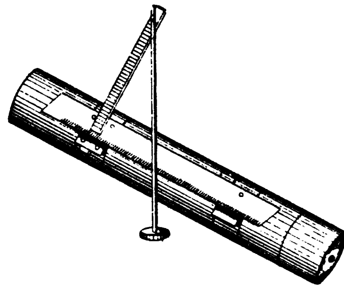
Die einfachsten Apparate gestatten keine Einstellung auf die Horizontalentfernung, sondern werden in der Weise benutzt, daß durch Veränderung des Standortes des Beobachters die horizontale Entfernung desselben von der Baumaxe gleich der Höhe der Baumspitze über der horizontalen Visierrichtung wird.

Am gebräuchlichsten in der Praxis sind die Höhenmesser von Faustmann und von Weise.

Fig. 10.



Der erstere (Figur 10) besteht aus einem rechteckigen Brette, an dessen schmäleren Kanten die Visiervorrichtungen parallel zu den Längskanten angebracht sind. Parallel zu den schmalen Kanten befindet sich ein Schieber, dessen Markierstrich auf so viele Teile der an dem Falze angebrachten Skala eingestellt wird, als die horizontale Entfernung des Messenden vom Baume in Längeneinheiten (gewöhnlich Meter) beträgt. An dem Schieber ist auch ein Senkel befestigt, dessen Faden an der Höhenskala *CDh* die gemessene Höhe in der für die Messung der horizontalen Entfernung gewählten Einheit ergänzt. Das Ablesen geschieht während der Visur mit Hilfe des beweglichen Spiegels.


Fig. 11.

Bei Weise (Figur 11) tritt an die Stelle des Brettchens mit den Diopter ein Visierrohr, an welchem sich ein Stab in einer Hülse rechtwinklig zur Visierachse entsprechend der Horizontalentfernung verschieben läßt. Am oberen Ende dieses Stabes ist ein Senkel statt an einem Faden an einem dreikantigen Metallprisma befestigt. Die Höhenskala ist parallel zur Visierrichtung seitlich am Rohre angebracht und mit kleinen Kerben versehen, um in denselben nach Messung der Höhe durch seitliches Drehen das Senkelprisma arretieren zu können.

Außer den Höhenmessern von Faustmann und Weise seien hier noch genannt: Der Höhenmesser von Hoßfeld, das früher viel gebrauchte Meßbrettchen von König, der Dendrometer von Winkler, der Baumhöhenmesser von Bose und der Höhenmesser von Klaußner.

Am kompliziertesten sind: Der Dendrometer von Sanlaville und der Baumhöhenmesser von Eduard Heyer und Staudinger. Letzterer kann auch zur Messung schief stehender Bäume benutzt werden.*)

Als Fehlerquellen kommen bei den Höhenmessern in Betracht: 1. ungenaue Ablesung infolge des Schwankens des Lotes bei bewegter Luft oder unruhigen Haltens des Instrumentes, 2. fehlerhaftes Visieren, 3. ungenaues Messen der Standlinie, 4. schiefe Stellung des Baumes.

Am genauesten wird bei sonst gleichen Umständen die Messung dann, wenn die horizontale Entfernung gleich der Höhe des Baumes genommen wird.**)

§ 8. Trigonometrisches Höhenmessen.

Die Theorie des trigonometrischen Höhenmessens ist bei den gleichen allgemeinen Voraussetzungen, welche oben für das geometrische Höhenmessen gemacht wurden, folgende (Figur 12):

---

*) Ed. Heyer, Über Messung der Höhen sowie der Durchmesser der Bäume im allgemeinen, Gießen 1870

**) Der Beweis hierfür findet sich in: Kunze, Lehrbuch der Holzmeßkunst, 2. Aufl. p. 91.

Fig. 12.

In △ BCD ist BC = DCtg β
In △ DCA ist CA = DC tg α
BC + CA = h = DC(tg α + tg β)

Wenn die horizontale Visierlinie nicht den Stamm selbst, sondern nur dessen Verlängerung nach unten oder oben trifft, wird analog der oben bei der Theorie des geometrischen Höhenmessens gegebenen Ableitung

für den zweiten Fall: h = DC(tg β — tg α)
" " dritten " : h = DC(tg α — tg β)

Fig. 13.

Will man sich das Messen der horizontalen Standlinie sparen, so kann die Größe derselben auch hier durch eine neben dem Baum parallel zu dessen Achse aufgestellte Latte von bekannter Länge ermittelt werden. Wenn die Visur nach deren Endpunkt die Elevations- bezw. Depressionswinkel μ und ν ergiebt (Figur 13), so wird

MC = DC tg μ
und NC = DC tg ν
MN = l = DC(tg μ + tg ν)

und hieraus $DC = \frac{l}{\operatorname{tg}\mu + \operatorname{tg}\nu}$.

Setzt man dieses in den obigen Ausdruck für h ein, so erhält man

$$h = \frac{l(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta)}{\operatorname{tg}\mu + \operatorname{tg}\nu}$$

Zur Bestimmung der Baumhöhen auf trigonometrischem Wege können alle jene Instrumente benutzt werden, welche zur Messung von Vertikalwinkeln dienen.

Für die Zwecke der Holzmeßkunde werden aber nur die einfachsten dieser Instrumente und zwar solche ohne Stativ gebraucht, deren Teilung gewöhnlich so eingerichtet ist, daß man nicht allein die Winkelgrößen selbst, sondern auch die entsprechenden Tangentenwerte ablesen kann.

Ganz gute Resultate liefert die Anwendung des Preßler'schen Meßknechtes. Noch genauer arbeitet das Spiegeldiopter, welches Mechaniker Teßdorpf (Zimmers Nachfolger) in Stuttgart verfertigt.

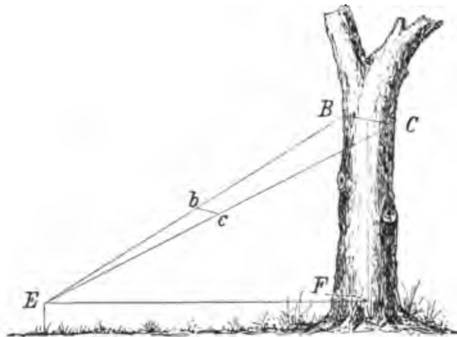
Sämtliche bessere Instrumente zur Baumhöhenmessung gestatten eine Genauigkeit, welche je nach den äußeren Verhältnissen zwischen 0,1 und 0,5 m schwankt.

§ 9. Instrumente zum indirekten Messen der Durchmesser.

Mit verschiedenen Höhenmessern sind auch Vorrichtungen verbunden, welche gestatten, den Durchmesser eines stehenden Baumes in beliebiger Höhe indirekt zu messen.

Das denselben zu Grunde liegende Prinzip besteht darin, daß aus der Größe eines auf ihnen gemessenen Bogens oder einer kleinen Geraden bc und aus der Entfernung des Instrumentes vom Baum der Durchmesser BC desselben abgeleitet wird (Figur 14).

Fig. 14.



Da hierbei sehr kleine Winkel und Bogen unter relativ ungünstigen Verhältnissen (kein Fernrohr, schlechte Beleuchtung des Objekts, einfache Konstruktion des Instruments) gemessen werden sollen, so ergeben sich aus den unvermeidlichen Ungenauigkeiten bei der Einstellung und Ablesung solche Fehlerprozente, daß die mittelbare Messung von Durchmessern nur äußerst selten vorgenommen wird.

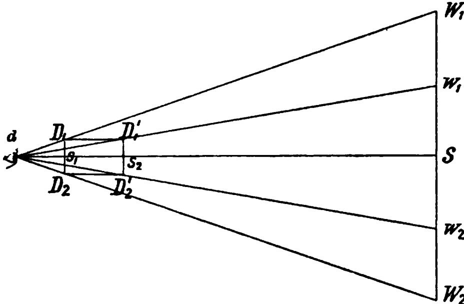
Eine Berechnung des Einflusses der verschiedenen Fehlerquellen bei der indirekten Bestimmung des Durchmessers findet sich in Kunze, Holzmeßkunst p. 99.

Die zu diesem Zweck eingerichteten und hierfür am meisten gebräuchlichen Instrumente sind die Dendrometer von Winkler, Sanlaville und Klaußner.

Ferner hat Professor Breymann ein forstliches Universalinstrument konstruiert, welches zu den verschiedensten Messungen und namentlich auch zur indirekten Baumstärkenermittelung verwendet werden soll. Dieses Instrument arbeitet zwar recht gut, ist aber so kompliziert und teuer, daß es sich im forstlichen Betrieb nicht einzubürgern vermochte, selbst in den Sammlungen der forstlichen Lehranstalten ist es nicht allenthalben vertreten.

An dieser Stelle ist noch ein Instrument zu nennen, welches zwar nicht zur Bestimmung der Durchmesser in absolutem Maß, sondern zum Aufsuchen jener Stelle dient, an welcher der Durchmesser einen aliquoten Teil (und zwar die Hälfte) des Brusthöhendurchmessers besitzt, nämlich das Preßler'sche Richtrohr.

Fig. 15.



Es ist dieses ein Visierrohr aus Pappe, welches durch mehrere Auszüge auf verschiedene Längen gestellt werden kann. An dem offenen, durch eine Blende vor einfallendem Licht geschützten Objektiv-Ende stehen sich zwei durch die Seitenwände des Rohrs gehende Stifte gegenüber, welche durch Drehung mehr oder weniger in das Rohr vorgeschoben werden, um mit ihren Spitzen die scheinbare Größe eines beliebigen Stammdurchmessers scharf zu fassen.

Theorie des Richtrohrs (Figur 15):

$\triangle\ dD_1D_2 \sim dW_1W_2$ folglich $ds_1 : D_1D_2 = dS : W_1W_2$

$\triangle\ dD_1'D_2' \sim dw_1w_2$ " $ds_2 : D_1'D_2' = dS : w_1w_2$

Wenn $ds_1 = \frac{1}{2}\, ds_2$ und $D_1D_2 = D_1'D_2'$, so ist

$$\frac{2ds}{D_1D_2} = \frac{dS}{w_1w_2} = \frac{2dS}{W_1W_2},\ \text{woraus}$$

$$w_1w_1 = \frac{1}{2}\, W_1W_2$$

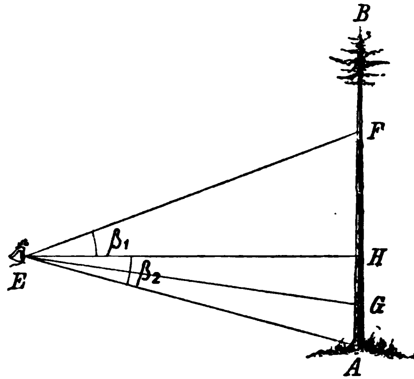


Fig. 16.

Bei Anwendung des Richtrohres (Figur 16) mißt man zuerst den Durchmesser des Baumes in Brusthöhe und die horizontale Entfernung EH, sodann begiebt man sich auf Punkt E, stellt die drei Auszugsrohre so, daß der hintere Rand immer auf Marke 50 der Sekantenskala der eingeschobenen Rohre steht und stellt in diese Lage die Stiftspitzen so ein, daß sie den Stamm in Brusthöhe bei G scheinbar gerade berühren, hierauf zieht man die Rohre aus, bis dieselben auf Marke 100 stehen, und sucht nun am Stamm jenen Punkt F, wo der Durchmesser wieder von den Spitzen gefaßt wird. Der Durchmesser ist jedoch an dieser Stelle nicht genau gleich der Hälfte des Brusthöhendurchmessers, weil die Entfernung $EF > EH$. Wenn β_1 und β_2 die Neigungswinkel der beiden Visuren sind, so ist $EG = EH \sec \beta_2$ und $EF = EH \sec \beta_1$, es muß alsdann das Richtrohr durch Ausziehen des dritten (Sekanten-)Rohres noch um den Betrag von $\frac{1}{2} \sec \beta_2$ herausgezogen und das Aufsuchen des oberen Punktes solange wiederholt werden, bis die beiden zuletzt gefundenen Werte ganz oder doch nahezu zusammenfallen.

Die Anwendung des Richtrohres liefert nur bei Nadelhölzern mit ihren meist bis oben deutlich sichtbaren Schäften und unter der Voraussetzung günstiger Beleuchtung einigermaßen gute Resultate. (Nach Judeich schwanken die Fehler von — 12 bis + 7 %). In geschlossenen Beständen und bei Laubhölzern ist die Verwendbarkeit dieses Instrumentes nur eine beschränkte.

Im Allgemeinen läßt sich sagen, daß die Aufgabe der indirekten Durchmesserbestimmung noch nicht befriedigend gelöst ist und deshalb nicht jenen Grad der Genauigkeit für die hierauf basierenden Massenermittelungen sichert, welcher sich auf anderen Wegen erreichen läßt.

3. Instrumente zur physikalischen Kubierung.

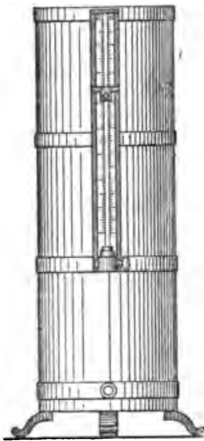
§ 10. Xylometer und Wage.

Das Volumen unregelmäßig geformter Holzstücke, namentlich der Äste und Wurzeln, kann auf stereometrischem Wege nicht ermittelt werden, sondern man muß hierfür zu den physikalischen Methoden der Inhaltsbestimmung der Körper greifen. Die für diesen Zweck zu

verwendenden Instrumente sind das Xylometer (auch Aichgefäß genannt) und die Wage.

a. Xylometer. Bereits Hennert hat vor mehr als hundert Jahren (1782) unregelmäßige Holzstücke, deren Inhalt er bestimmen wollte, in einem starken Eichenholzkasten von bekanntem Inhalt legen lassen und solange Wasser darauf gegossen, bis der Kasten voll war. Aus der Differenz der Volumina des Kastens und des Wassers fand er den Inhalt des Holzes. Diese Methode wurde im Laufe der Zeit durch Konstruktion zweckmäßiger Apparate sehr verbessert. Das denselben zu Grunde liegende Prinzip ist stets Messung des Volumens des durch das Eintauchen der Holzstücke verdrängten Wassers. Dasselbe kommt in zwei Modifikationen zur Anwendung; entweder ist das betreffende Gefäß bis zu einer in der Nähe des oberen Randes befindlichen Ausflußöffnung mit Wasser gefüllt, und man ermittelt alsdann, wieviel Wasser infolge des Einlegens des Holzes ausfließt (Konstruktion von C. Heyer und R. Hartig); oder die betreffenden Apparate sind nur soweit voll Wasser, daß dieses nach dem Eintauchen des Holzes letzteres ganz bedeckt; den Wasserstand liest man vor und nach dem Einlegen an einer geeignet geteilten kommunizierenden Glasröhre ab. Diese Konstruktion wurde zuerst von Reißig und Klauprecht angewendet und später von Zimmer verbessert.*)

Fig. 17.



Apparate der erstgenannten Art werden gegenwärtig nur für gelegentliche Untersuchungen benutzt und können jederzeit ohne Schwierigkeit vorbereitet werden. Für wissenschaftliche Arbeiten sind dagegen ausschließlich Xylometer mit Wasserstandsröhren in Gebrauch, welche Mechaniker Teßdorpf in Stuttgart zu dem Preise von 150 Mark liefert.

Diese Xylometer (Figur 17) sind cylindrische Gefäße aus Zinkblech mit einem Holzboden, von ca. 1,80 m Höhe und 0,60 m Durchmesser. In der halben Höhe beginnt das Wasserstandsrohr, welches an einer Skala den Inhalt

*) Eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Xylometerkonstruktionen nebst Abbildung findet sich in: Baur, Untersuchungen über den Festgehalt und das Gewicht des Schichtholzes und der Rinde, Augsburg 1879 p. 92 ff.

bis auf 0,0005 cbm direkt ablesen läßt. Beim Gebrauch wird das Instrument horizontal aufgestellt, teilweise mit Wasser gefüllt und dessen Stand vor und nach dem Eintauchen abgelesen. Die Differenz beider Ablesungen ist gleich dem Volumen der betr. Holzstücke.

b. Wage. Da die xylometrische Behandlung bei größeren Holzquantitäten (namentlich bei Reisig) zu zeitraubend und umständlich ist, so ermittelt man in solchen Fällen auf diesem Wege nur das Volumen eines kleinen Bruchteiles und leitet hieraus sowie aus den absoluten Gewichten das Volumen der ganzen Masse ab (vergl. § 17).

Das absolute Gewicht wird mittels gewöhnlicher Wagen erhoben, und zwar bedient man sich mit Vorteil speziell für die Zwecke der Holzmassenermittelung gebauter Schnellwagen, wie sie z. B. Ottmann in Augsburg zu dem Preise von 50 Mark liefert.

Diese Wagen gestatten eine Belastung bis zu 200 kg, wobei noch halbe Kilogramme abgelesen werden können, außerdem sind noch zwei weitere Teilungen (bis zu 80 kg in $1/5$ kg und bis zu 30 kg in $1/10$ kg) angebracht, und demgemäß sind auch drei verschiedene Aufhängungepunkte für die Last vorhanden. Dezimalwagen eignen sich zum Gebrauch im Walde wenig, weil die Aufstellung umständlicher und die Wägung selbst zeitraubender ist als bei Benutzung der Schnellwage. Außerdem gehen leicht die kleinen Gewichte verloren, und das Auflegen des nicht in Wellen gebundenen Reisigs ist nur schwer auszuführen.

II. Abschnitt.

Ermittelung des Inhaltes einzelner liegender Stämme und Stammteile.

Die Holzmeßkunde zeigt, in welcher Weise die Kubierung ganzer Stämme und jener Stammteile, die als „Rohsortimente" oder „Waldsortimente" aus der Hand des Holzhauers hervorgehen, erfolgt; die Inhaltsberechnung des sogenannten appretierten Nutzholzes gehört nicht in ihr Gebiet.

1. Stereometrisches Verfahren.

§ 11. Berechnung der Querflächen.

Die verschiedenen Formeln zur Kubierung der Stämme auf stereometrischem Wege setzen sämtlich die Kenntnis einer oder mehrerer Querflächen voraus. Diese können entweder aus dem Umfange

oder aus dem Durchmesser abgeleitet werden, und ist die Formel hierfür unter Voraussetzung der Kreisform dieser Querfläche g:

1. bei bekanntem Umfange : $\frac{u^2}{4\pi} = 0{,}0796\ u^2$ oder

2. bei bekanntem Durchmesser : $\frac{\pi}{4}d^2 = 0{,}785\ d^2$

Die Querflächen der Bäume weichen jedoch fast stets mehr oder minder von der Kreisform ab. Im allgemeinen hängt ihre Form in der Hauptsache von folgenden Momenten ab:

1. Schaftteil (unten, soweit der Wurzelanlauf reicht, und oben in der Krone und auch schon etwas unterhalb derselben am unregelmäßigsten).

2. Alter (jüngere Stämme sind im allgemeinen regelmäßiger geformt als ältere).

3. Holzart (Hainbuche und Pyramidenpappel zeigen die unregelmäßigsten Querflächen).

4. Stand (im geschlossenen Stande ist der Wuchs regelmäßiger als im freien; einseitige Beastung wirkt stets deformierend).

Außerdem kommen noch als zufällige Ursachen in Betracht: Windige Freilage des Standortes, Aufreißen der Rinde im hohen Alter und schiefe Stellung des betreffenden Baumes.

Nach eingehenden Untersuchungen von Musset, Sachs, Th. Hartig, Nördlinger, Grundner*) u. a. scheint es, daß die Querflächen der Bäume Ellipsen sind, deren große Achse auf demselben Standorte eine konstante Richtung und zwar meist von Westen nach Osten hat, dieselbe wird hauptsächlich vom Faktor „Wind" beeinflußt.

Hieraus ergiebt sich, daß die Umfangsmessung, abgesehen von den Ungenauigkeiten, welcher dieser Methode an und für sich ankleben, meist unrichtige Resultate geben muß, weil der Kreis bei gleichem Umfang die größte Fläche einschließt, die in der Regel nicht kreisförmigen Querflächen werden demnach auf diesem Weg zu groß gefunden.

Nach Untersuchungen, welche die badische Forstdirektion im Jahr 1860 anstellte, lieferte die Umfangsmessuug Resultate, welche bei der Buche um 8 %, Eiche um

---

*) Grundner, Untersuchungen über die Querflächenermittelung der Holzbestände, Berlin 1882.

7 %, Fichte um 13 %, und Kiefer um 8 % zu groß waren. Micklitz fand einen Flächenfehler von + 6,8 %.

Aus vorstehender Erörterung folgt aber auch, daß zur vollkommen richtigen Bestimmung der Querfläche die Messung eines einzigen Durchmessers nicht ausreicht, sondern daß deren mindestens zwei zu einander rechtwinkelig stehende, und zwar wenn möglich der größte und der kleinste, gemessen werden müssen.

Die Praxis begnügt sich in der Regel mit der Messung eines einzigen Durchmessers, nur bei augenfällig elliptisch gewachsenen Stämmen werden zwei solche „über Kreuz" bestimmt. Letzteres ist bei wissenschaftlichen Untersuchungen Regel. Obwohl es nach den Untersuchungen von Schmidtborn scheint, als ob man bei der Messung nur zweier Durchmesser in der Regel etwas zu große Resultate erhält (Mittel + 1,4 %, Maximum 4,7 %, Minimum 0,02 %), so geht man doch auch selbst bei den feinsten Arbeiten selten weiter, da diese Ungenauigkeit verschwindet gegen die sonstigen unvermeidlichen Fehler.

Wenn mehrere Durchmesser gemessen sind, so wird das arithmetische Mittel derselben der Flächenberechnung zu Grunde gelegt, da auf diesem Weg ein genaueres Resultat erhalten wird, als wenn man für jeden Durchmesser die zugehörige Kreisfläche berechnen und das Mittel aus letzterer nehmen wollte.

Wird der Stammquerschnitt als Ellipse mit den beiden halben Axen a und b betrachtet, so ist sein Inhalt: $f = \pi ab$.

Bei der Berechnung des Querschnittes nach dem arithmetischen Mittel der Durchmesser ergiebt sich:

$$f_1 = \pi\left(\frac{a + b}{2}\right)^2 = \pi ab + \frac{\pi}{4}\left(a - b\right)^2$$

Wird dagegen das Mittel aus der betreffenden Kreisfläche genommen, so hat man:

$$f_2 = \pi\left(\frac{a^2 + b^2}{2}\right) = \pi ab + \frac{\pi}{2}\left(a - b\right)^2$$

Der Fehler ist also im zweiten Fall doppelt so groß als im ersten.

Unregelmäßige Stammstellen (z. B. Asteingänge) sind bei der Durchmesserbestimmung zu vermeiden, und ist in einem solchen Fall der Durchmesser in gleiche Entfernung oberhalb und unterhalb der eigentlichen Meßstelle zu ermitteln und aus beiden Messungen das Mittel zu nehmen. Stärkere Ansätze von Borke, Moos u. s. w. an der Meß-

stelle, welche den Durchmesser unrichtigerweise größer erscheinen lassen würden, sind vor der Messung zu entfernen.

Wird die Querfläche als kreisförmig angenommen, und beim Ablesen des Durchmessers ein Fehler von $\pm \varphi$ gemacht, so erhält man statt der richtigen Kreisfläche

$$g = \frac{\pi}{4} d^2 \text{ eine solche } g_1 = \frac{\pi}{4}(d \pm \varphi)^2,$$

mithin einen Flächenfehler

$$g_1 - g = \frac{\pi}{4}[(d \pm \varphi)^2 - d^2] = \frac{\pi}{4}(\pm 2d\varphi + \varphi^2).$$

Da φ und φ^2 sehr klein sind, so kann man letzteres vernachlässigen und den Flächenfehler $\Delta = \frac{\pi}{4} \cdot 2d\varphi$ annehmen.

Die Flächendifferenz Δ ist demnach bei gleichbleibendem Fehler φ proportional dem Durchmesser und umgekehrt bei gleichem Durchmesser proportional φ.

In Prozenten der wahren Fläche g ausgedrückt ist der Fehler

$$\Delta = \frac{p}{100} g; \quad p = \frac{\Delta \cdot 100}{g}$$

$$\text{oder } p = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 2d\varphi}{\frac{\pi}{4} d^2} \cdot 100 = 200 \frac{\varphi}{d}.$$

Wenn ein bestimmter Genauigkeitsgrad bei den Messungen erzielt werden soll, muß also die Bestimmung des Durchmessers um so sorgfältiger vorgenommen werden, je kleiner derselbe ist.

Aus dem letzterwähnten Ausdruck läßt sich die Größe des Maximalfehlers für einen bestimmten Genauigkeitsgrad ableiten, indem

$$\varphi = \frac{pd}{200} \text{ ist.}$$

Soll z. B. p nicht größer sein als 2 %, so ist die zulässige Fehlergröße:
bei d = 10 cm für φ = 0,1 cm
" d = 20 " " φ = 0,2 "
" d = 30 " " φ = 0,3 " u. s. w.

Ungleich geringeren Einfluß auf die Genauigkeit der Inhalts-

berechnung als ein Fehler bei der Durchmesserermittelung, hat ein solcher, welcher bei der Längenmessung begangen wird.

Wird beim Messen der wirklichen Länge h ein Fehler ϑ gemacht, so ist das Fehlerprozent $p = \frac{\vartheta}{h}100$.

Da für Längenfehler $p = 100\frac{\vartheta}{h}$, für Durchmesserfehler $p = \frac{200\varphi}{d}$, so sind beide gleich, wenn

$$\frac{200\varphi}{d} = \frac{100\vartheta}{h} \text{ oder } \frac{\varphi}{d} = \frac{\vartheta}{2h}.$$

Ist z. B. $h = 25$ m, $d = 0{,}5$ m und $\vartheta = 1$ m, so ist das Fehlerprozent:

$$\frac{100 \times 1}{25} = 4\ \%.$$

Für den Durchmesser von 0,5 m berechnet sich das gleiche Fehlerprozent:

$$4 = \frac{x \cdot 200}{0{,}5};$$

$$x = 0{,}01 \text{ m}.$$

Ein Längenfehler von 1 m hat demnach in diesem Fall einen gleich großen Einfluß auf die Genauigkeit des Resultates, als ein Fehler von 1 cm bei Bestimmung des Durchmessers.

§ 12. Kubik- und Kreisflächentafeln.

Für den praktischen Gebrauch werden die Kreisflächen fast niemals nach den oben angegebenen Formeln berechnet, sondern aus sogenannten Kreisflächentafeln entnommen.

Die bekanntesten und gebräuchlichsten sind jene von: Kunze*), Ganghofer**), Preßler***) und Eberts†). Dieselben geben die Resultate auf drei bezw. vier Dezimalstellen von Quadratmetern; außer den angeführten hat Kunze im Jahr 1868 auch noch „siebenstellige Kreisflächentafeln für alle Durchmesser von 0,01 bis 99,99" herausgegeben.

---

*) Kunze, H lfsta'eln für Holzmassen-Aufnahmen, Berlin 1884.

**) Ganghofer, Der praktische Holzrechner nach dem Metermaß, 3. Aufl., Augsburg 1883.

***) Preßler, Holzwirthschaftliche Tafeln, 3. Aufl., Tharand und Leipzig 1881/82.

†) Eberts, Kreisflächentafeln nach Metermaß, Berlin 1874.

Außer den Kreisflächen werden bei der Holzmassenermittelung auch noch zwei andere sehr häufig vorkommende Rechnungen mit Hilfe solcher Tafeln ausgeführt, nämlich die Ermittelung des Kubikinhaltes und jene der Grundflächensumme mehrerer Stämme. Für ersteren Zweck dienen die Kubiktabellen, welche für gegebene Durchmesser d und Längen l das Produkt $\frac{\pi}{4} d^2 . l$ enthalten; für letzteren benutzt man die Kreisflächenmultiplikationstafeln (vielfache Kreisflächentafeln), aus welchen in gleicher Weise für verschiedene Durchmesserstufen d und Stammzahlen n die Produkte $\frac{\pi}{4} d^2 . n$ zu entnehmen sind.

Wenn für die Längen nur Abstufungen von ganzen Metern angenommen werden, so kann ein und dieselbe Tabelle sowohl zum Aufschlagen der Kubikinhalte als auch der vielfachen Kreisflächen benutzt werden.

Der Einfachheit wegen sind die eben genannten Hilfstafeln gewöhnlich miteinander verbunden, dieses ist u. a. namentlich auch bei den drei oben genannten Werken von Ganghofer, Kunze und Preßler der Fall; ausschließlich für die Zwecke der Inhaltsberechnung sind die Behm'schen Tafeln*) bestimmt.

§ 13. Methoden für die Inhaltsberechnung liegender Stämme.

Die stereometrische Methode zur Berechnung des Inhaltes der Bäume kann, von wenigen Ausnahmen (einzelne Äste) abgesehen, nur auf den relativ am regelmäßigsten geformten Teil derselben, nämlich auf den Schaft oder auf Abschnitte hiervon, angewendet werden.

Setzt man voraus, daß der Schaft als Rotationskörper betrachtet werden darf, und nimmt Holzarten, welche bis zur Spitze durchgehende Schäfte bauen, wie z. B. die Fichte, so bildet der Durchschnitt eine Ebene, welche durch die Längsachse eines solchen Schaftes geht, mit der Baumoberfläche die sogenannte Schaftkurve. Diese ist an der Spitze und an dem mittleren Teil konkav, am unteren Ende konvex gegen die Achse. Die Krümmung ist an der Spitze (innerhalb der

---

*) Behm, Kubik-Tabelle zur Bestimmung des Inhaltes von Rundhölzern nach Kubikmetern und Hundertteilen des Kubikmeters, 7. Aufl., Berlin 1880.

Krone) am unregelmäßigsten und stärksten, wird in der Mitte schwächer und regelmäßiger und nimmt gegen unten im Bereich des Wurzelanlaufes allmählich wieder zu.

Die Form der Schaftkurve verschiedener Bäume weicht ziemlich voneinander ab und ist namentlich von der Holzart, dem Alter des Baumes, vom Kronenansatz, der Stärke der Beastung sowie von der mehr oder minder geschlossenen Stellung bedingt.

Unter gleichen Verhältnissen erwachsene Bäume derselben Holzart zeigen bei gleichem Alter wenigstens nahe übereinstimmende Formen.

Wenn das Gesetz der Schaftkurve bekannt wäre, so brauchte man nur die Höhe des Stammes zu wissen, um dessen Volumen zu erfahren, indem dieses gleich ist dem Integral:

$$V = \pi \int_0^h y^2 dx,$$

worin x in der Achse des Baumes von der Spitze an gerechnet wird und y rechtwinkelig dazu ist.

Da aber nicht nur die einzelnen Holzarten verschiedene Schaftkurven haben, sondern diese auch für Bäume gleicher Holzart und gleichen Alters variieren, so sind alle Versuche einfache und allgemein gültige Gleichungen für die Erzeugende der Schaftkurven zu finden, bis jetzt resultatlos geblieben.

Die Untersuchung hat jedoch ergeben, daß sich die Schaftkurven wenigstens streckenweise verschiedenen Umdrehungskörpern aus der Klasse der Paraboloide nähert, deren Gleichung: $y^2 = ax^m$ ist. Man kann daher unter Benutzung dieser Thatsache doch die Inhalte der Baumschäfte nicht nur mit genügender Genauigkeit, sondern auch auf einfache Weise erhalten.

Aus der oben angeführten Gleichung $y^2 = ax^m$ ergeben sich, wenn man für m nacheinander die Werte 0, 1, 2 und 3 einführt, die Formen des Cylinders, appollonischen Paraboloides, gemeinen Kegels und des Neiloids mit dem Inhalt:

$V_c = GH$, $V_p = \frac{1}{2}GH$, $V_k = \frac{1}{3}GH$ und $V_n = \frac{1}{4}GH$.

Noch größer wird die Übereinstimmung zwischen der Form des Schaftes und jener der genannten stereometrischen Körper, wenn man ersteren nicht als Ganzes, sondern zusammengesetzt aus einzelnen Ab-

schnitten betrachtet. Letztere können alsdann (mit Ausnahme der Spitze) als abgestutzte Paraboloide angesehen und berechnet werden.

Die entsprechenden Formeln für die Stumpfe der hierher gehörigen Kegelformen sind, wenn die oberen und unteren Querflächen mit G bez. g, die Querflächen in der halben Höhe mit γ bezeichnet werden, folgende:

a) appollonisches Paraboloid: $V_p' = \frac{1}{2}(G + g)h = \gamma h$

b) gemeiner Kegel: $V_k' = \frac{1}{3}(G + g + \sqrt{Gg})h$

c) Neiloid: $V_n' = \frac{1}{4}(G + \sqrt[3]{Gg}(\sqrt[3]{G} + \sqrt[3]{g}) + g)h$

Es könnte also jedes Stück des Schaftes nach der entsprechenden Formel berechnet werden, wenn man wüßte, welchem Kurvengrade dasselbe angehört. Der Inhalt des ganzen Schaftes würde sich alsdann durch Addition der Inhalte der einzelnen Sektionen ergeben.

Betrachtet man aber die Formeln zur Berechnung der Volumina der verschiedenen Kegelstumpfe, so zeigt sich, daß jene für den Stumpf des gemeinen Kegels und des Neiloids sehr unbequem sind und auch stets die Kenntnis zweier Querflächen bedürfen, während jene zur Berechnung des Paraboloidstumpfes nach der Mittelfläche ebenso bequem als einfach ist.

Die Untersuchung hat ferner auch ergeben, daß der Inhalt der Baumschäfte im Allgemeinen zwischen jenem des gemeinen Kegels und des Paraboloids von gleicher Grundfläche und Höhe schwankt, sich jedoch mehr dem letzteren nähert, ohne jedoch deshalb in der Form mit diesen Körpern übereinzustimmen.

Ebenso ist auch festgestellt worden, daß man das Volumen der Baumschäfte mit einer für alle wissenschaftlichen Zwecke ausreichenden Genauigkeit erhält, wenn man dieselben aus lauter Paraboloidstumpfen zusammengesetzt betrachtet, und letztere nach der Formel γh berechnet, sobald man die Länge der Sektionen genügend klein annimmt. Streng genommen muß die Teilung solange fortgesetzt werden, bis das Volumen des Baumschaftes aus 2n Sektionen berechnet, mit dem aus n Sektionen ermittelten auf die gewünschte Anzahl von Dezimalstellen vollkommen übereinstimmt.

Bei Zerlegung des Stammes in kurze Sektionen macht man von jener Methode Gebrauch, nach welcher die Integralrechnung den Inhalt eines Umdrehungs-

körpers findet. Sie zerlegt nämlich denselben in Säulen von so geringer Höhe, daß dieselben als Cylinder betrachtet werden können. Die sektionsweise Berechnung nähert sich diesem Verfahren umsomehr, je kleiner der Unterschied zwischen der oberen und unteren Querfläche einer Sektion ist.

Bei diesem Verfahren ist das Volumen:

$$V = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \ldots + \gamma_n h_n$$

Werden die einzelnen Sektionen gleichlang gemacht, so ergiebt sich die Formel

$$V = (\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \ldots) h$$

Man braucht demnach nur die Summe der Mittelflächen mit der gemeinschaftlichen Länge der Sektionen zu multiplizieren.

Nach dieser Methode wird jetzt die Inhaltsberechnung auf stereometrischem Wege für alle wissenschaftlichen Untersuchungen vorgenommen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß selbst für die feinsten Arbeiten eine Länge der Sektionen von 1 m ausreicht, in dem mittleren und regelmäßig geformten Teil des Schaftes können die Sektionen aber auch 2—4 m lang gemacht werden, ohne daß ein nennenswerter Fehler entsteht.

Auch die forstliche Praxis berechnet die Masse des gefällten Holzes wohl ausnahmslos als Produkt von Mittelfläche und Länge, da sich durch die Erfahrung ergeben hat, daß der Inhalt eines Baumschaftes innerhalb der für diese Zwecke zulässigen Grenzen gleich ist jenem eines Paraboloides (beziehungsweise Paraboloidstumpfes) von derselben Mittelfläche und Länge, ohne daß jedoch, wie oben bereits bemerkt, beide Körper ihrer Form nach übereinstimmen.

Eine Zerlegung in Sektionen kommt bei den gewöhnlichen Massenermittelungen nur ausnahmsweise vor, bloß sehr wertvolle und lange Stämme werden bisweilen in zwei Stücken berechnet; Regel ist die Kubierung im Ganzen.

Diese Methode der Massenberechnung liegender Stämme ist bereits seit der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts bekannt und findet sich bereits in Krünitz, Encyklopädie v. J. 1781 erwähnt. 1787 erschienen in Gießen Kubiktabellen, welche nach der gleichen Formel berechnet sind. Die preußische Revierförster-Instruktion von 1817 schreibt dieselbe vor, und der bayrische Salinenforstinspektor Huber hat sie um 1825 in der Litteratur warm empfohlen, weshalb sie öfters: Huber'sche Formel genannt wird, jedoch mit Unrecht, da Huber sie weder erfunden noch auch zuerst für forstliche Zwecke angewandt hat.

Nach den Untersuchungen über den Genauigkeitsgrad bei Berechnung des Inhaltes nach der Formel γh scheint es, als ob dieselbe im Allgemeinen etwas zu geringe Resultate liefere. Die Extreme sind in Prozenten: — 13,7 und + 4,8. Die Durchschnittsabweichungen sind + 4,33 (Seidensticker), + 3,78 (Schaal), + 1,56 (Preßler), + 1,32 (Judeich), — 0,72 (Riecke), — 2,99 (Kunze), — 3,8 (Schwappach), — 2,3 und — 8,6 (Walther). Bei der Messung in zwei Sektionen ist das Resultat im Durchschnitt das gleiche, nur bewegen sich die Schwankungen in engeren Grenzen (— 11,9 und + 7,8 %).

Außer der Formel γh sind in der Litteratur noch zahlreiche andere Vorschläge für Berechnung der Masse liegender Stämme gemacht worden, welche aber sämtlich, obwohl die Mehrzahl derselben sehr richtige Resultate liefert, weder für wissenschaftliche Untersuchungen noch für die Zwecke der Praxis größere und bleibende Anwendung gefunden haben, da sie alle entweder mehr Elemente zur Berechnung brauchen oder doch schwerfälliger sind als die übliche Methode, ohne einen größeren Grad von Genauigkeit zu erreichen. Unzweckmäßig sind alle jene Formeln, welche die Grundfläche des Stammes enthalten, weil diese, welche durch ihre relative Größe einen bedeutenden Einfluß auf das Resultat übt, wegen ihrer unregelmäßigen Form am unsichersten zu bestimmen ist.

Die bekannteren jener Formeln sind jene von:

a) Berechnung im Ganzen.

1. Smalian: $V = \frac{G + g}{2} \cdot h$, d. h. ebenfalls Berechnung als abgekürztes Paraboloid, jedoch aus der oberen und unteren Querfläche.

2. Hoßfeld: $V = \frac{3}{4} g_{\frac{1}{3}} h$, d. h. man multipliziert die in $\frac{1}{3}$ der Schaftlänge befindliche Querfläche g mit $\frac{3}{4}$ der ganzen Schaftlänge h.

3. Simony: $V = \frac{h}{3}\left[2\left(g_{\frac{1}{4}} + g_{\frac{3}{4}}\right) - \gamma\right]$, d. h. doppelte Summe der Querflächen in $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ der Höhe vermindert um die Mittelfläche und das Aggregat mit $\frac{1}{3}$ der Höhe multipliziert.

4. Newton:*) $V = \frac{1}{6}h\ (G + g + 4\gamma)$, m. W. die Summe aus der oberen, unteren und vierfachen mittleren Querfläche multipliziert mit $\frac{1}{6}$ der Höhe.

b. Berechnung nach Sektionen.

5. Simpson: $V = \frac{1}{3}l[G + g + 4(g_1 + g_3 + \ldots g_{n-1}) + 2(g_2 + g_4 + \ldots g_{n-2})]$, m. W.: man bilde die Summe aus den beiden Endflächen, dem Vierfachen der Querflächen mit geraden Zeigern, dem Doppelten der Querflächen mit ungeraden Zeigern und multipliziere dieselbe mit $\frac{1}{3}$ der Länge der einzelnen Sektionen. Die Simpson'sche Formel ist aus der Anwendung der Newton'schen Formel auf mehrere Sektionen hervorgegangen.

§ 14. Kubierung der Stammabschnitte nach Länge und Oberstärke.

In jenen großen Nadelholzgebieten, in welchen der überwiegende Teil des Nutzholzanfalles in Form von Blöchern aufgearbeitet wird, werden häufig diese Stücke nicht einzeln verwertet und gemessen, sondern zu Gruppen von gleicher Länge und Oberstärke vereinigt. Diese Elemente, welche für die Preisbestimmung hauptsächlich in Betracht kommen, bilden alsdann gleichzeitig auch die Grundlage für die Kubierung und Verbuchung. Bei diesem Verfahren wird nicht das wirkliche Volumen der einzelnen Stücke auf rechnerischem Wege ermittelt, sondern der Inhalt derselben aus Tafeln entnommen, welche Durchschnittswerte aus genauer sektionsweiser Kubierung zahlreicher Blöcher von der entsprechenden Länge und Oberstärke enthalten. Die hierbei sich ergebenden Unregelmäßigkeiten werden bei Aufstellung der Tafeln auf graphischem Wege ausgeglichen.

Der wirkliche Inhalt eines einzelnen Bloches kann durch derartige Tafeln nur ausnahmsweise genau bestimmt werden.

Kunze hat auf Grund umfangreicher Erhebungen solche Tafeln berechnet, welche in Preßlers „Forstlichem Hilfsbuch" enthalten sind. Für Österreich hat Salvadori entsprechende im Zentralbl. f. d. ges. Forstw. 1877, p. 444 aufgestellt.

*) Diese Newton'sche Formel ist vom Oberstudienrat Dr. Riecke in Hohenheim in seiner Schrift „Über die Berechnung des körperlichen Inhaltes unbeschlagener Baumstämme" in die Holzmeßkunde eingeführt worden und wird hier deshalb öfters auch als Riecke'sche Formel bezeichnet.

Als Beispiel einer Massentafel für Nadelholzklötze nach Oberstärke möge folgender Auszug dienen.

Oberer Durchmesser in Zentimetern	Länge in Metern				
	3	3,5	4	4,5	5
	fm				
20	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21
21	0,12	0,15	0,17	0,20	0,23
22	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25
23	0,15	0,17	0,20	0,24	0,27
24	0,16	0,19	0,22	0,25	0,29
25	0,17	0,20	0,24	0,27	0,31

§ 15. Kubierung der Stangen.

Nach den Vereinbarungen über die Aufstellung einheitlicher Holzsortimente versteht man unter Stangen entgipfelte oder unentgipfelte Langnutzhölzer, welche bei 1 m oberhalb des unteren Endes gemessen bis 14 cm inkl. stark sind.

Bei der Massenermittelung für die Zwecke forstwirtschaftlichen Buchführung werden nicht die einzelnen Stangen speziell nach Mittelstärke und Länge kubiert, sondern es wird der Festgehalt der Gruppen von Stangen mit nahezu gleicher Länge und gleichem Durchmesser, wie sie zu Verkaufszwecken gebildet werden, aus Erfahrungstafeln entnommen, welche in ähnlicher Weise konstruiert sind, wie jene für die Massenberechnung der Stammabschnitte aus Länge und Oberstärke.

Schuberg hat verschiedene derartiger Tabellen aufgestellt; als Muster einer solchen möge hier jene für Fichtenhopfenstangen II. Klasse folgen:

Durchmesser 7 cm (1 m vom unteren Ende).

Länge	Stückzahl					
m	10	20	30	40	50	60
	fm					
8	0,166	0,322	0,498	0,664	0,830	0,996
9	0,188	0,376	0,564	0,752	0,940	1,128
10	0,211	0,422	0,633	0,844	1,055	1,266

Wenn solche Erfahrungstafeln fehlen, werden an einigen Stücken aus den verschiedenen Verkaufsloosen Länge und Mittelstärke gemessen, hiernach deren Inhalt berechnet und der aus denselben gewonnene

Mittelwert zur Kubierung der übrigen Stangen benutzt. In verschiedenen Forstverwaltungen sind für die Berechnung der einzelnen Stangenholzsortimente bestimmte Durchschnittswerte vorgeschrieben, welche nach einer größeren Anzahl von Messungen bestimmt wurden.

Die einschlägigen Bestimmungen für den Regierungsbezirk Potsdam sind z. B. folgende:

Sortiment	Durchmesser	Länge	feste Holzmasse pro Stück
Stangen	cm	m	fm
Stangen I. Klasse	12,1—14	10—13	0,09
" II. "	10,1—12	8—13	0,06
" III. "	7—10	6—11	0,03
" IV. "	5—7	10	0,015
" V. "	3—5	6	0,005
" VI. "	3 und weniger	5	0,002

2. Physikalisches Verfahren.

Der Inhalt unregelmäßig geformter Holzstücke, also namentlich der Äste und des Wurzelholzes, kann in der bisher besprochenen Weise nicht ermittelt werden, sondern man muß hierzu die physikalischen Methoden unter Benutzung der oben (S. 21) geschilderten Apparate, des Xylometers und der Wage, anwenden.

§ 16. Ermittelung des Derbgehaltes nach dem Rauminhalte des verdrängten Wassers.

Der Xylometer, dessen Konstruktion bereits oben auf S. 22 besprochen worden ist, wird nach der Horizontalstellung etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt, und der Stand des letzteren mit Hilfe der Wasserstandsröhre an der Skala abgelesen, hierauf taucht man das zu untersuchende Holz im Apparat ganz unter. Falls dasselbe nicht von selbst ganz untersinkt, so bedient man sich zum Herabdrücken eines dünnen Stabes oder einer durchlöcherten Blechscheibe mit Knopf. Hierauf wird die zweite Ablesung des Wasserstandes gemacht. Die Differenz beider Ablesungen giebt das Volumen des Holzes.

Sowohl um das Geschäft möglichst zu fördern, als um die die Häufung von Ablesungsfehlern zu vermeiden, sucht man die Leistungs-

fähigkeit des Xylometers stets möglichst vollständig auszunutzen und taucht deshalb gleichzeitig stets so viel Holzstücke unter, als entweder überhaupt in den Xylometer gebracht werden können (bei Reisholz) oder als nach der Einrichtung der Skala möglich ist (bei stärkeren Holzstücken).

Bei den jetzt nur noch selten gebräuchlichen Konstruktionen des Xylometers nach dem Heyer'schen Prinzip wird dieser zuerst vollständig gefüllt und dann Vorsorge getroffen, daß das von den Holzstücken verdrängte Wasser aufgefangen und dessen Volumen mittels geeigneter Gefäße von bekanntem Inhalt gemessen wird.

Der Inhalt der Zweige wird bei Laubholz und der Lärche im blattlosen Zustande, jener der übrigen Hölzer, einschließlich der Nadeln, bestimmt. Wenn Laubholzreisig im Sommer untersucht werden muß, so wird eine Reduktion nach den Ergebnissen einer probeweisen Entlaubung vorgenommen.

Bei der Inhaltsbestimmung mit Hilfe des Xylometers unmittelbar nach dem Fällen ist eine Beeinträchtigung der Genauigkeit der Messung infolge des Aufsaugens von Wasser nicht zu befürchten, aber auch dann, wenn diese Untersuchung an trockenem Holz vorgenommen wird, ist deren Zeitdauer so kurz, daß die Volumenveränderung infolge der Wasserabsorption für die vorliegenden Zwecke nicht in Betracht gezogen zu werden braucht.

§ 17. Ermittelung des Derbgehaltes aus dem absoluten und spezifischen Gewichte des Holzes.

Ausgedehnte xylometrische Inhaltsbestimmungen sind ebenso umständlich und zeitraubend als kostspielig, sowie wegen der Schwierigkeit der Wasserbeschaffung bisweilen überhaupt nicht durchführbar.

Man kürzt daher das Verfahren, namentlich wenn es sich um die Festgehaltsbestimmung größerer Mengen des gleichen Sortiments, namentlich um jene von Reisig handelt, in folgender Weise ab: Von der ganzen Menge des zu untersuchenden Holzes wird zuerst (Trennung nach den üblichen Sortimenten vorausgesetzt) das absolute Gewicht P und sodann an einem kleinen Bruchteil desselben sowohl das absolute Gewicht p als auch der Inhalt v, letzterer durch xylometrische Behandlung erhoben.

Da sich für gleichartige Körper die Volumina verhalten wie die

zugehörigen absoluten Gewichte, so findet man das Volumen V der betreffenden Gruppe nach der Proportion

$$v : V = p : P$$

$$V = \frac{v \, . \, P}{p}$$

Es sei z. B. der Festgehalt von 80 Wellen Fichtenreisig zu bestimmen. Das Gesamtgewicht P derselben ist 1360 kg, von 10 Wellen wurde das Gewicht $p = 170$ kg und das Volumen $v = 165$ cdm ermittelt. Der Festgehalt sämtlicher Wellen ist demnach: $V = \frac{165 \times 1360}{170} = 1320$ cdm.

Mittels der in oben angegebener Weise ermittelten Daten v und p kann man aber auch das spezifische Grüngewicht g der Gruppe ermitteln, indem $g = \frac{p}{v}$ unter der Voraussetzung, daß 1 cdm Wasser genau 1 kg wiegt, was vollständig nur bei 4° C. zutrifft. Bei den gewöhnlichen Temperaturen ist der Unterschied jedoch so gering (bei 10° wiegen 1,00027 cdm, bei 15° wiegen 1,00085 cdm Wasser 1 kg), daß derselbe für die hier in Betracht kommenden Zwecke und möglichen Genauigkeitsgrade unbeachtet bleiben darf.

Ist das spezifische Grüngewicht bekannt, so ist $V = \frac{P}{g}$.

In dem oben angegebenen Beispiele ist z. B. $g = \frac{170}{165} = 1{,}03$ und V findet man alsdann auf diesem Wege $= \frac{1360}{1{,}03} = 1320$ wie oben.

Die Berechnung des spezifischen Grüngewichtes hat deshalb besonderes Interesse, weil öfters xylometrische Untersuchungen überhaupt nicht vorgenommen werden, sondern der Inhalt aus dem speziell zu erhebenden absolutem Gewicht und dem aus anderen Untersuchungen bereits bekannten spezifischem Gewichte berechnet wird.

Da das spezifische Grüngewicht nach Holzart, Alter, Sortiment, Fällungszeit und Gesundheitszustand sehr wechselt, so giebt das oben erwähnte Verfahren nur dann gute Resultate, wenn Mittelwerte aus zahlreichen Untersuchungen, die für die gleichen Verhältnisse angestellt worden sind, vorliegen.

Vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten sind 1876 bis 1878 ausgedehnte Erhebungen über das spezifische Grüngewicht an-

gestellt worden, welche Professor Dr. von Baur in dem Werke „Untersuchungen über den Festgehalt und das Gewicht des Schichtholzes in der Rinde", Augsburg 1879, veröffentlicht hat.

§ 18. Berechnung der Holzmassen nach Schichtmaß.

Diejenigen Baumteile, welche beim Fällungsbetrieb nicht als „Langnutzholz" (Stämme, Blöcher oder Stangen) liegen bleiben, werden für den Verkauf und sonstige Zwecke der Wirtschaft in bestimmte Raummaße gelegt und nach diesen gemessen; eine Ausnahme macht nur das schwächere Reisholz, welches in manchen Gegenden nicht in dieser Weise aufgearbeitet, sondern in „Wellen" von bestimmter Länge und Stärke gebunden wird.

Die Sortierung erfolgt jetzt fast allgemein nach den vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten im Jahr 1875 vereinbarten „Bestimmungen über Einführung gleicher Holzsortimente und einer gemeinschaftlichen Rechnungs-Einheit für Holz im deutschen Reich."

Der Rauminhalt dieser Schichtmaße ergiebt sich in bekannter Weise als Produkt von Länge des Stoßes und Höhe desselben und Länge des Holzstücke. Auf geneigtem Terrain wird die Abmessung der Länge des Stoßes nicht auf dem Boden, sondern rechtwinkelig zu den vertikal einzuschlagenden Stützen vorgenommen, da im ersten Fall, statt der richtigen Länge l, eine solche von $l \cos \alpha$ erhalten wird, wobei α den Neigungswinkel des Terrains bezeichnet. Bei einem Neigungswinkel von 25°, würde der Fehler 9,4 % der richtigen Länge bezw. des richtigen Rauminhaltes betragen.

Für die Zwecke der forstwirtschaftlichen Buchführung muß nun ermittelt werden, wieviel solide Holzmasse in den Raummaßen enthalten ist. Diese Umrechnung geschieht nach Reduktionsfaktoren, welche durch genaue Untersuchung einer großen Anzahl von Raummaßen für die einzelnen Sortimente abgeleitet werden. Die Ermittelung dieser Reduktionsfaktoren erfolgt entweder auf stereometrischem oder auf physikalischem Wege.

Ersteres Verfahren, welches nur bei glatten und geraden Holzstücken zulässig ist, wird in folgender Weise ausgeführt. Nachdem die Rundlinge in der vorgeschriebenen Schnittlänge vom Stamm abgeschnitten worden sind, werden ihrer Mittelstärken gemessen, um

aus dem Produkt von Mittelstärke und Länge den Inhalt derselben zu berechnen. Haben die Rundlinge die für Scheitholz erforderliche Stärke, so werden sie zunächst aufgespalten; hierauf füllt man mit derartig behandelten Holzstücken eine größere Anzahl von Raummaßen und erhält so in einfacher Weise den durchschnittlichen Festgehalt eines Raummeters von dem betreffenden Sortiment.

Bei krummem und knorrigem Holz, ferner bei Stock- und Reisholz wird der Festgehalt der Raummaße entweder ausschließlich auf xylometrischem Weg oder durch das kombinierte xylometrische und Gewichtsverfahren bestimmt.

Reduktionsfaktoren zur Berechnung des Festgehaltes sind sowohl vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten als auch von der österreichischen Versuchsanstalt ermittelt und veröffentlicht worden.*)

Der durchschnittliche Derbgehalt beträgt nach den Zusammenstellungen von Baur für Laub- und Nadelholz zusammen:

pro Raummeter Brennholzscheit	glatt und gerade	stark	75	%
		schwach	72	„
	knorrig und krumm	stark	69	„
		schwach	66	„
„ „ Brennholzknüppel	glatt und gerade	stark	72	„
		schwach	66	„
	knorrig und krumm	stark	64	„
		schwach	60	„
„ „ Astreisig			16	„
„ „ Stockholz . .	stark mit wenig Wurzelholz		47	„
	schwach mit wenig Wurzelholz		46	„

100 Normalwellen von Astreisig enthalten 1,88 Festmeter.

Die in den Forstverwaltungen gebräuchlichen Reduktionsfaktoren sind viel weniger speziell ausgeschieden und entsprechen keineswegs vollständig den Ergebnissen der mühsamen und umfangreichen Untersuchungen, dieselben sind z. B.:

	in Preußen	in Hessen
für Kloben	0,7	0,7
„ Knüppel	0,7	0,6
„ Stockholz	0,4 u. 0,3	0,5
„ Reisig in Raummetern . . .	0,2	0,2
„ Reisig in Wellen pro Hundert .	—	2,00

*) Baur, Untersuchungen über den Festgehalt des Holzes und das Gewicht des Schichtholzes und der Rinde, Augsburg 1879 und Seckendorff, Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs, Wien 1877.

Auf den Festgehalt der Raummaße sind wesentlich folgende Momente von Einfluß:

1. Form und Beschaffenheit der Holzstücke. Je stärker, glatter und gerader die Holzstücke sind, desto größer ist der Derbgehalt, je krummer, knorriger und unsauberer, desto geringer. Beim Stockholz kommt außerdem noch in Betracht, ob die Stöcke länger oder kürzer abgeschnitten und mehr oder weniger feingespalten sind. Letzteres gilt auch für das Scheitholz. Werden die Scheite sämtlich noch einmal durchgespalten, so steigt der Inhalt der Raummaße beim Einschichten bis um 13 %, werden aus einem Scheit je vier gemacht, so erhöht derselbe sich bis um 25 %. Es ist dieses eine Thatsache, welche die Holzhändler sehr gut auszunutzen verstehen. In den Staatsforstverwaltungen bestehen deshalb meist Vorschriften über die kleinsten und größten zulässigen Stärken der Scheite.

In Hessen soll die Rindenseite 15—30 cm messen, in Bayern die Sehne nicht kleiner als 20 cm sein.

2. Die Länge der Holzstücke (Kloben bezw. Knüppel). Die Raummaße enthalten um so mehr solide Holzmasse, je kürzer die Holzstücke sind, weil alsdann die Krümmungen und Unebenheiten mehr verschwinden und das Holz sich dichter zusammenlegen läßt.

Nach den Untersuchungen von König und Klauprecht bestehen bei den verschiedenen Längen von 0,3 bis 1,8 m für Scheitholz Differenzen von ca. 10—12 % und für Astholz von 20 %.

In Hessen beträgt in vielen Gegenden die Scheitlänge 1,25 m. Die von der hessischen Versuchsanstalt bei Kiefern vorgenommenen vergleichenden Erhebungen über den Festgehalt bei verschiedenen Längen haben ergeben für:

	bei 1,25 m Länge	bei 1 m Länge
starkes Scheitholz . .	69,9 %	73,5 %
schwaches " . .	64,9 "	69,6 "
starkes Knüppelholz . .	71,9 "	72,3 "
schwaches " . .	64,6 "	68,4 "
Reisholz pro Wellenhundert	2,4 fm	2,6 fm

3. Art der Schichtung. Mehr oder weniger sorgfältige Einschichtung hat bedeutenden Einfluß auf den Festgehalt, zu hohe Stöße lassen sich schwer und deshalb weniger dicht setzen. Ungenau eingeschlagene und gebogene Stützen beeinträchtigen die Regelmäßigkeit der Abmessung sehr.

Das in verschiedenen Gegenden übliche Übermaß (Schwindmaß, Darrscheit) steigert selbstverständlich auch den Festgehalt entsprechend und muß daher auch bei der Umrechnung in Betracht gezogen werden.

§ 19. Berechnung der Rindenmasse.

Bei verschiedenen Holzarten, besonders der Eiche, Fichte und Tanne gelangt die Rinde auch für sich allein zur Abgabe und muß deshalb, abgesehen von dem Verkaufsmaß (bei der Eichenrinde häufig das Gewicht), auch nach dem Festgehalt bestimmt werden. Dieses kann ebenfalls sowohl auf stereometrischem als xylometrischem Weg geschehen.

Im ersten Falle mißt man bei den einzelnen zu entrindenden Trumen beziehungsweise für jede Sektion der Stämme vor und nach dem Entrinden den Mittelдurchmesser an der gleichen Stelle auf Millimeter genau und erhält in der Differenz der nach beiden Messungen ausgeführten Kubierungen den Inhalt der Rinde. Ein anderes, jedoch weniger genaueres, Verfahren besteht darin, daß man zuerst eine Anzahl Raummeter berindetes Holz aufsetzen, hierauf das Holz entrinden und abermals aufschichten läßt. Aus der Anzahl Raummeter vor und nach dem Entrinden läßt sich direkt zwar nicht die Rindenmasse, wohl aber der prozentische Anteil an der gesammten Holzmasse ableiten.

200 Raummeter im berindeten Zustand füllten nach dem Entrinden nur noch 185 Raummeter.

$$\frac{200 - 185}{200} \cdot 100 = 7{,}5\ \%.$$

Bei Anwendung des xylometrischen Verfahrens kann man in doppelter Weise vorgehen. Es kann nämlich entweder mit Hilfe des Xylometers das Volumen der Rinde direkt ermittelt werden, oder man behandelt die Trumme sowohl vor als auch nach dem Entrinden xylometrisch und erhält in der Differenz der Volumina die Masse der Rinde.

Bei Stämmchen und Ästen von geringer Stärke, wie sie namentlich im Eichenschälwald vorkommen, kann nur die physikalische Methode für die Festgehaltsbestimmung der Rinde angewendet werden.

Wenn die Rinde nach Gebunden verkauft wird, ist es zweckmäßig, den Derbgehalt aus dem absoluten und spezifischen Gewicht,

welch' letzteres an einer kleineren Anzahl von Bündeln ermittelt wird, zu bestimmen.

Nach den Untersuchungen der deutschen forstlichen Versuchsanstalt (veröffentlicht von Baur in dem bereits mehrfach zitierten Werk) beträgt der Festgehalt von:

1 Raummeter Fichten- oder Tannenrinde .	0,2—0,4	fm
1 „ Eichenaltrinde	0,4	„
100 kg Fichten- und Tannenrinde . . .	0,13	„
„ „ Eichenaltrinde	0,13—0,14	„
„ „ Eichenjungrinde	0,11—0,12	„
100 Eichennormalwellen, grün	2,2	„
„ „ waldtrocken . .	1,5	„

Die Kenntnis des Anteiles der Rindenmasse an der gesamten Bestandesmasse ist namentlich da von Interesse, wo die Rinde überhaupt nicht verwertet und auch nicht mit gemessen wird. Da bei den Bestandesmassenermittelungen in der Regel die berindete Masse erhoben wird, so besteht alsdann, wenn bei der Verbuchung die unberindete Masse zu Grunde gelegt wird, eine Differenz, welche keineswegs unbedeutend ist.

Im Allgemeinen schwankt die Rindenmasse je nach Holzart, Alter, Standort und Stellung zwischen 6 und 20 %.

Nach Guttenberg beträgt die Rindenmasse nach zahlreichen Messungen

bei Fichten bester Bonität	7—8 %
„ „ geringer „	10—12 %

gesamten Stamminhaltes.

Ich habe bei einer kleinen Anzahl von Stämmen gefunden für Eiche 15—20, Esche 12—14, Ulme 9—11, Birke 13—17, Erle 16—19, Linde 16—19, Aspe 9—13, Kiefer 10—16 %.

III. Abschnitt.

Ermittelung des Inhaltes einzelner stehender Bäume.

---

1. Schätzung nach dem Augenmaß.

§ 20. Methoden der Okulartaxation.

Bei dieser ältesten Methode zur Ermittelung der Masse stehender Bäume wird dieselbe nur gutachtlich geschätzt.

Dabei kann entweder direkt der Massengehalt des Baumes angegeben werden, indem man denselben im Gedächtnis mit anderen

Bäumen von bekanntem Inhalt vergleicht, oder es werden die einzelnen Faktoren geschätzt, aus welchen sich die Masse des Baumes zusammensetzt, nämlich: Höhe, Stammgrundfläche und Formzahl.

Das erstgenannte Verfahren liefert nur bei großer Übung und guter individueller Anlage annähernd richtige Resultate; am günstigsten gestaltet sich das Verhältnis bei jenen Personen, welche schon längere Zeit in der Lage waren unter den gleichen Bestandesverhältnissen solche Schätzungen vorzunehmen und letztere mit den Ergebnissen der Aufarbeitung zu vergleichen. Fehler von 25 % sind beim einzelnen Baume trotzdem nicht ausgeschlossen, während sich dieselben bei einer größeren Anzahl von Stämmen so ausgleichen können, daß das Ergebnis der Schätzung der Wirklichkeit ziemlich gut entspricht.

Das zweite Verfahren ist eine rohe Anwendung der im nächsten Abschnitt zu besprechenden Massenermittelung mit Hilfe von Formzahlen. Da es immerhin leichter ist Höhe und Grundstärke zu schätzen als die ganze Baummasse, und da ferner die Formzahlen aus Übersichten bequem entnommen werden können oder annähernd bekannt sind, so wird sich auf diesem Wege im allgemeinen ein genaueres Resultat ergeben, als auf dem vorher besprochenen.

Denzin*) giebt folgende Vorschrift für schnelle, allerdings nur annähernd richtige Schätzung: Man erhebe den nach Dezimetern angesprochenen (oder gemessenen) Brusthöhen-Durchmesser ins Quadrat und streiche alsdann eine Stelle ab. Wenn also z. B. der Durchmesser = 5 dcm, so ist der Inhalt 2,5 fm; bei besonders stark vom mittleren Habitus abweichenden Höhen oder Baumformen wird das Resultat gutachtlich um 10—20 % erhöht beziehungsweise erniedrigt. Genau trifft diese Regel nur für 25 m Höhe und eine Formzahl von 0,5 zu.

Früher war die Okulartaxation zur Schätzung des einzelnen stehenden Stammes ebenso wie ganzer Bestände allgemein verbreitet, in neuerer Zeit ist dieselbe durch die ungleich sicherere Messung fast vollkommen ersetzt und nur für jene Zwecke noch in Anwendung, wo es entweder nur darauf ankommt, rasch einen annähernden Überblick zu bekommen, wie z. B. beim Anweisen von Fällungen.

*) Forstliche Blätter 1885 p. 122.

2. Schätzung nach Formzahlen.

§ 22. Begriff und Einteilung der Formzahlen.

Unter Formzahl (Reduktionszahl) versteht man das Verhältnis zwischen dem Inhalt eines Baumes und demjenigen eines Cylinders, der mit dem Baume gleiche Höhe und Grundstärke hat (Idealcylinder).

$$f = \frac{m}{gh}$$

Da sich hieraus

$$m = ghf$$

berechnet, so folgt gleichzeitig, daß die Masse eines Baumes als das Produkt von Grundfläche, Höhe und Formzahl betrachtet werden kann.

Der Inhalt eines Baumes einschließlich der Äste ist nur ausnahmsweise größer als jener eines Cylinders von gleicher Grundfläche und Höhe, infolgedessen sind die (gegenwärtig gebräuchlichen) Formzahlen meist kleiner als 1.

Früher ging man (z. B. Cotta) bei Berechnung der Formzahlen auch öfters vom geradseitigen Kegel aus, und waren die hierfür ermittelten sogenannten Erfahrungszahlen (Ausbauchungsreihen) fast sämtlich größer als 1, da ja der Inhalt der Bäume im Allgemeinen zwischen jenem eines Cylinders und je eines geradseitigen Kegels von gleicher Grundfläche und Höhe liegt.

Die Formzahlen wurden zuerst im Jahre 1800 von Paulsen empfohlen, welcher für vollwüchsige Laubhölzer je nach der Kronenlänge drei Klassen mit den Formzahlen: 0,75, 0,66 und 0,50 unterschied. Eine Formel für Berechnung der Formzahlen gab erst Hoßfeld im Jahre 1812.

Je nach dem Teil der Baummasse, welche man mit dem Idealzylinder in Vergleich setzt, lassen sich die Formzahlen einteilen in:

1. Baumformzahlen, dieselben beziehen sich auf die gesamte oberirdische Holzmasse.

2. Schaftformzahlen, für welche der ausgeastete, aber unentwipfelte Stamm als Dividend bei der Berechnung dient.

3. Derbholzformzahlen, diese ziehen die Masse des Baumes, soweit sie dem Derbholze angehört, in Betracht.

4. Astformzahlen werden als Differenz zwischen den Baumformzahlen und den Schaftformzahlen erhalten.

5. Reisholzformzahlen, sie stellen die Differenz zwischen Baumformzahlen und den Derbholzformzahlen dar.

Astformzahlen und Reisholzformzahlen kommen in der Praxis

kaum jemals zur Anwendung, statt derselben werden die erfahrungsmäßigen Prozentsätze benutzt, welche das Verhältnis des Reis- bezw. Astholzes zur gesamten Baummasse darstellen. Die Stock- und Wurzelmasse ist bei den Formzahlen nie berücksichtigt, sie muß entweder besonders geschätzt oder nach Erfahrungstafeln festgestellt werden.

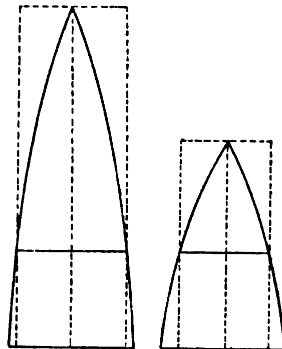
Da es ebenso unbequem wäre als auch wegen der unregelmäßigen Form der Querfläche ungenaue Resultate ergeben würde, wenn man den Durchmesser des Idealzylinders bezw. die Grundstärke des Baumes am Abhiebspunkte messen würde, so bestimmt man dieselbe hierbei sowohl als überhaupt bei allen Messungen am stehenden Stamme in einer solchen Höhe, daß der Durchmesser bequem und richtig gemessen werden kann. Bei zwei Arten von Formzahlen liegt nun der Meßpunkt in konstanter Höhe über dem Boden bei einer anderen, dagegen stets in $^1/_n$ der Scheitelhöhe (Baumlänge, vom Abhiebspunkte gerechnet) an. Die Höhe des Idealzylinders ist teils gleich der Scheitelhöhe, teils kleiner.

§ 22. Die verschiedenen Arten von Formzahlen.

Nach den verschiedenen Abmessungen, welche der Berechnung des Idealzylinders zu Grunde gelegt werden, unterscheidet man:

1. **Brusthöhenformzahlen** (**unechte Formzahlen**). Hier liegt der Meßpunkt in konstanter Höhe (Brusthöhe jetzt allgemein bei 1,3 m über dem Boden angenommen); die Höhe des Idealcylinders ist gleich der Scheitelhöhe.

Fig. 18.



Die Brusthöhenformzahlen sind die ältesten und wurden schon von Hoßfeld, Cotta, König und Hundeshagen berechnet, ebenso sind dieselben bei den großen Untersuchungen der bayrischen und badischen Forstverwaltung benutzt worden.

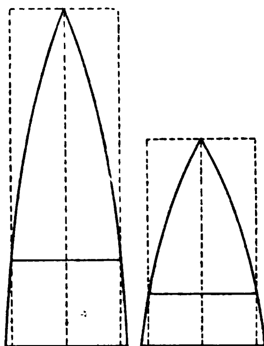
Infolge der Messung der Grundstärke in konstanter Höhe sind diese Formzahlen bei Bäumen gleicher Form aber ungleicher Scheitelhöhe verschieden und nehmen mit dem Wachsen der Scheitelhöhe ab.

Nimmt man die Höhe des Meßpunktes = 1,50 m und die Scheitelhöhe successive = 10, 20 und 30 m, so sind die Formzahlen für ein Paraboloid entsprechend $f_{10} = 0,59$, $f_{20} = 0,54$, $f_{30} = 0,53$; für einen geradseitigen Kegel $f_{10} = 0,46$, $f_{20} = 0,39$, $f_{30} = 0,37$.

Um die Brusthöhenformzahlen bei der Massenberechnung benutzen zu können, muß man demnach außer den übrigen hierbei in Betracht kommenden Momenten vor allem die Höhe des Baumes berücksichtigen, da bei sonst gleichen Verhältnissen jeder Höhe eine besondere Formzahl zukommt.

Dieser Mißstand hat Smalian*) dazu veranlaßt, andere, von der Baumhöhe unabhängige Formzahlen zu berechnen; es sind dieses:

Fig. 19.



2. Die echten Formzahlen, Normalformzahlen. (Figur 19.)

Die Benennung „echte" Formzahlen rührt von Preßler her, welcher sich für deren Aufstellung und Anwendung sehr bemüht hat.

Bei denselben wird die Grundstärke stets in einem konstanten aliquoten Teile der Höhe (allgemein in $^1/_n$ h, in der Praxis meist in $^1/_{20}$ h) abgegriffen, die Höhe des Idealzylinders ist auch hier gleich der Scheitelhöhe.

Die echten Formzahlen haben gegenüber den Brusthöhenformzahlen den Vorzug, daß alle Bäume der gleichen Form auch die gleiche Formzahl haben, diese ist jedoch größer, als wenn die Grundstärke am Abhiebspunkte gemessen würde.

Ermittelt man z. B. die Grundstärke in $^1/_{20}$ h, so ist die echte Formzahl für Paraboloide = 0,526, für geradseitige Kegel = 0,369, während sie bei der Messung am Abhiebspunkte 0,50 bezw. 0,33 ist.

Wenn man den Meßpunkt stets in $^1/_{20}$ h annimmt, so kommt derselbe bei sehr niedrigen und sehr hohen Bäumen für die Messung unbequem zu liegen, weshalb Klauprecht schon 1846 in seiner „Holzmeßkunst" vorgeschlagen hat, für mittelhohe Bestände die Formzahlen in $^1/_{10}$, für höhere aber in $^1/_{20}$ der Scheitelhöhe zu berechnen.

*) Smalian, Beiträge zur Holzmeßkunst, 1837, und: Anleitung zur Feststellung des Waldzustandes, 1840.

Trotzdem ist es sehr unpraktisch, zuerst die Höhe messen zu müssen, um den Meßpunkt zu finden. Preßler hat in Anerkennung dieses Umstandes empfohlen, die Grundstärke ebenfalls in konstanter Höhe zu messen, die Formklasse nach seinem Prinzipe einzuschätzen und alsdann die Formzahl bezw. die Masse um einen Prozentsatz zu verbessern, welcher von Scheitelhöhe und Meßpunktshöhe abhängt.

Mehr noch als die unbequeme Bestimmung und Lage der Meßhöhe war einer allgemeinen Einführung der echten Formzahlen die Thatsache hinderlich, daß dieselben keineswegs so regelmäßig verlaufen und innerhalb so enger Grenzen liegen, wie Preßler annahm. Während dieser nämlich behauptete, daß die echten Schaft- und Baumformzahlen mit dem Alter zunähmen, und daß die verschiedenen Altersklassen unter sich nahe übereinstimmende Formzahlen besäßen, haben die Untersuchungen von Baur ergeben, daß wenigstens bei der Fichte und Buche, nur die Derbholzformzahlen mit dem Alter wachsen, die Baumformzahlen dagegen entschieden abnehmen, sowie daß die echten Formzahlen selbst unter Voraussetzung gleicher Bonität und Altersklassen stark von einander abweichen.

So schwanken die bei der Buche normalen Baumformzahlen nach Baur

für Bonität:	I	II	III
in der Altersklasse 21—40 zwischen	0,522—0,567	0,513—0,647	0,513—0,715
" " " 81—100 "	0,542—0,615	0,538—0,610	0,527—0,626

Bei der Weißtanne sind nach Schuberg*):

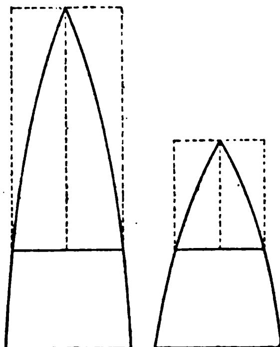
	die echten Derbholz-	Schaft-	Baumformzahlen
für die Altersklasse 61—80	0,502	0,512	0,604
" " " 84—100	0,510	0,518	0,598

3. Eine weitere Art sind die von Rinicker**) empfohlenen absoluten Formzahlen (Figur 20). Dieselben ziehen nur den oberhalb der konstanten Meßhöhe gelegenen Stammteil in Betracht. Die Höhe des Idealcylinders ist in diesem Falle gleich der Scheitelhöhe minus der Länge des Stammstückes zwischen Abhiebspunkt und Meßpunkt. Da bei den absoluten Formzahlen die Grundfläche für den betr. Stammteil und

*) Schuberg, Die Weißtanne, Tübingen 1888 p. 46.

**) Rinicker, Über Baumform und Bestandesmasse, 1873.

Fig. 20.



den Idealcylinder die nämliche ist, so sind dieselben für alle Bäume der gleichen Form gleichgroß; sie entsprechen daher auch vollkommen den betreffenden Faktoren in den stereometrischen Körperformeln und betragen für das Paraboloid 0,5, für einen gemeinen Kegel 0,333 u. s. w.

Nach den Untersuchungen, welche Weise an der Kiefer bezüglich der absoluten Formzahl angestellt hat, scheint bei dieser Holzart die Form des Schaftes eine sehr konstante zu sein.*)

Die Schattenseite der absoluten Formzahlen besteht darin, daß man mittels derselben nur den Inhalt des Stammteiles, welcher oberhalb des Meßpunktes gelegen ist, ermitteln kann, während jener des sehr wertvollen Stückes, zwischen Abhieb und Meßpunkt auf irgend eine andere Weise gefunden werden muß. Die Bedeutung der Formzahlen liegt aber weniger darin, ein Bild von der Gestalt der Bäume zu geben, welche doch in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle keine regelmäßige stereometrische Figur ist, sondern darin, einen guten Anhalt für die Massenberechnung zu gewähren; dieser Anforderung genügen aber die absoluten Formzahlen weniger als die beiden vorher besprochenen Arten von Formzahlen.

Da auch die echten Formzahlen aus den dort angegebenen Gründen weder leicht noch sicher anzuwenden sind, so haben sich die Brusthöhenformzahlen trotz der ihnen anklebenden Mängel allein in der Praxis zu behaupten vermocht.

§ 23. Anwendung der Formzahlen zur Massenschätzung.

Die Masse des Baumes kann, wie oben bereits angeführt, als das Produkt von Grundfläche, Höhe und Formzahl berechnet werden, von denen die beiden erstgenannten Faktoren unschwer zu ermitteln sind, es bleibt also noch zu erörtern, auf welche Weise die Formzahl eines Baumes bestimmt werden kann.

---

*) Weise, Über Formzahlen der Kiefer, Zeitschr. f. d. Forst. und Jagdwesen 1881 p. 371.

In früherer Zeit wurde dieselbe vielfach eingeschätzt, indem man die Elemente berücksichtigte, welche auf die Formzahl einwirken: Holzart, Alter, Höhe, freier oder gedrängter Stand. Die Schätzung der Formzahl wird aber dadurch sehr erschwert, daß infolge des Überwiegens der Längendimension die Stammform bei der Betrachtung nur in untergeordnetem Maß ersichtlich ist, und bei älteren Stämmen der weit hinaufreichende Wurzelanlauf sich störend geltend macht. Eine Beurteilung der Vollholzigkeit ist daher schwer, außerdem muß auch noch berücksichtigt werden, daß neben derselben die Länge einen bedeutenden Einfluß auf die Größe der Formzahl hat. Infolgedessen ist größere Übung, Vergleich mit den Messungen am gefällten Stamm und den gleich noch weiter zu besprechenden Formzahlübersichten erforderlich, um auf diesem Wege zu guten Resultaten zu gelangen.

Für annäherungsweise, rohe Schätzung ist zu bemerken, daß die Baumformzahlen sich im großen und ganzen zwischen den Grenzen: 0,45 und 0,65 bewegen. Als Durchschnittswerte für Baumhöhen von 20—30 m sind anzunehmen für: Fichte 0,55, Kiefer 0,50, Tanne 0,60, Buche 0,55.

Wegen der Unmöglichkeit die Formzahl eines konkreten Baumes durch Schätzung allein genau zu bestimmen, war man schon seit langem bestrebt, Formzahltafeln aufzustellen, in welchen die durch Untersuchungen an gefällten Bäumen gewonnenen Formzahlen verzeichnet und klassenweise geordnet sind, um so dem Taxator einen besseren Anhaltspunkt zu gewähren.

Solche Tafeln haben u. A. Cotta*), König**) und Preßler***) aufgestellt und dabei sämtlich mehrere Klassen je nach den Wachstumsverhältnissen, Form der Krone und des Schaftes, dem Alter u. s. w. ausgeschieden. Das Grundlagenmaterial, welches diesen Autoren zur Verfügung stand, war jedoch viel zu ungenügend, um zuverlässige Tafeln bearbeiten zu können. Diese Arbeit wurde deshalb von Seiten der forstlichen Versuchsanstalten von neuem in Angriff genommen, und sind bis jetzt bereits für mehrere Holzarten auf Grund der in einzelnen Staaten ausgeführten Untersuchungen solche Tafeln aufgestellt worden, so für die Fichte von Baur, Kunze

*) Cotta, Hilfstafeln für Forstwirte und Forsttaxatoren.

**) König, Forstmathematik, 1. Aufl. 1835 p. 363.

***) Preßler, Neue holzwirtschaftliche Tafeln, 1857 p. 79 und 167.

und Lorey, für die Buche von Baur, für die Kiefer von Kunze, für die Weißtanne von Lorey und von Schuberg.

Das gesamte, von den Versuchsanstalten bisher gesammelte Material wird z. B. von verschiedenen Autoren für ganz Deutschland einheitlich bearbeitet.

In den neueren Formzahlübersichten sind nicht mehr wie früher Wuchsklassen ausgeschieden, weil jetzt der Wachstumsgang gleichalteriger Bestände mit mittleren Schlußverhältnissen zu Grunde gelegt wird.

Da, wie oben gezeigt, die Scheitelhöhe auf den Gang der Brusthöhenformzahl einen entscheidenden Einfluß ausübt, so glaubte man bis vor kurzem die Formzahlübersichten lediglich nach dieser aufstellen zu können. Die genauere Untersuchung des jetzt vorliegenden umfangreichen Materiales hat jedoch ergeben, daß jedenfalls auch eine Ausscheidung von Altersklassen, wenn auch mit weiten Abstufungen, nötig ist, weil auf diese Weise auch der Standortsgüte, sowie dem Umstand, ob man es mit dominierenden oder mit unterdrückten Stämmen zu thun hat, am einfachsten Rechnung getragen wird. Außerdem ist aber neben Höhe nnd Alter auch noch der Einfluß des Durchmessers zu berücksichtigen, wie dieses Schuberg zuerst bezüglich der Weißtanne nachgewiesen hat.

Bei Anwendung der Formzahltafeln muß jedoch stets berücksichtigt werden, daß dieselben Durchschnittswerte aus zahlreichen Einzelmessungen darstellen, und deshalb die Masse eines bestimmten Baumes nur zufällig richtig ersehen lassen können. Der Wert dieser Übersichten tritt erst bei ihrer Anwendung auf eine Mehrzahl von Stämmen, d. h. bei der Bestandesmassenermittelung hervor.

3. Schätzung nach Massentafeln.

§ 24. Definition und Anwendung der Massentafeln.

Wenn die in den Formzahlübersichten enthaltenen Zahlen mit den zugehörigen Höhen und Kreisflächen multipliziert werden, so erhält man Durchschnittswerte von Baummassen, welche nach angemessener Ausgleichung der sich zeigenden Unregelmäßigkeiten ebenfalls zu Tafeln, den sogenannten Massentafeln, zusammengestellt werden können.

Massentafeln sind demnach tabellarische Übersichten über den Holzgehalt einzelner Stämme, geordnet nach Holzart, Alter, Durchmesser und Höhe. Sie sind auf der Annahme aufgebaut, daß Bäume der nämlichen Holzart, welche in gleicher Zeit dieselbe Höhe und Stärke erreicht haben und unter mittleren Schlußverhältnissen erwachsen sind, auch gleiche Massen besitzen, und daß bei Bäumen derselben Holzart, welche bei verschiedenem Alter gleiche Grundstärke und Höhe aufweisen, die vorkommenden Formverschiedenheiten und damit auch die Differenzen der Massen mit der Verschiedenheit des Alters in Zusammenhang stehen.

Wenn daher von einem Baum der Durchmesser in Brusthöhe, Scheitelhöhe und ungefähres Alter gegeben ist, so kann man dessen Masse aus diesen Tafeln entnehmen. Die hier enthaltenen Angaben treffen jedoch, weil sie Durchschnittswerte darstellen, für den Einzelfall nur selten vollständig zu. Sie leisten hingegen, ebenso wie die Formzahlübersichten, bei Ermittelung der Bestandesmassen die besten Dienste.

Abgesehen von der neuesten Publikation Schubergs für die Weißtanne, beruhen bis jetzt nur die Massentafeln, welche von der bayrischen Staatsforstverwaltung im Jahre 1846 herausgegeben worden sind, auf ausreichendem Untersuchungsmaterial.

Die bayrischen Massentafeln sind nach der genauen Messung von mehr als 40000 Stämmen aufgestellt und geben für die Holzarten: Fichte, Tanne, Lärche, Eiche, Buche und Birke der Stamminhalte nach zwei Altersstufen (bis 90- und über 90jährig), bei einer Meßhöhe von $4^1/_2{}'$ = 1,3 m und zwar für die Nadelhölzer excl. der Kiefer ohne Äste, für die Laubhölzer und Kiefer einschließlich des Astholzes bis zu ein Zoll Stärke.

Die bayrischen Massentafeln sind mehrfach in anderes Maß umgerechnet worden, speziell für das Metermaß von Behm und Ganghofer 1875, Schindler 1876 und Frankhauser 1884.

Die oben bei den Formzahlübersichten erwähnten Erhebungen der forstlichen Versuchsanstalten sollen gleichzeitig auch zur Aufstellung neuer Massentafeln benutzt werden.

Obwohl die Formzahlübersichten und Massentafeln nur Durchschnittswerte enthalten, so gewähren sie immerhin doch den besten, sowie den einzigen, unter allen Umständen zu benutzenden Anhaltspunkt für die Massenschätzung einzelner stehender Stämme.

4. Stammkubierung nach Grundstärke und Richthöhe.

§ 25. Beschreibung des Verfahrens.

Um das Einschätzen der Formzahlen bez. die Anwendung von Durchschnittswerten zu vermeiden, hat Preßler ein Verfahren zur Berechnung des Holzgehaltes stehender Stämme angegeben, bei welchem alle Faktoren direkt am betreffenden Baum erhoben werden sollen.

Bezeichnet man jenen Punkt der Längsachse, in welchem der Durchmesser die Hälfte der Grundstärke (Durchmesser in Brusthöhe) beträgt, als Richtpunkt und dessen Entfernung vom Abhiebspunkt bez. vom Meßpunkt der Grundstärke als Richthöhe R bez. als Richtpunktshöhe r, so ist der Inhalt des oberhalb des Meßpunktes gelegenen Schaftteiles, des Oberbaumes, gleich dem Produkt aus Grundfläche in $\frac{2}{3}$ Richtpunktshöhe:

$$V = g \cdot \tfrac{2}{3} r.$$

Diese Preßler'sche Richthöhe darf nicht mit der König'schen Richthöhe (Formhöhe, Gehaltshöhe) verwechselt werden. Letztere stellt die Höhe eines Cylinders vor, welcher mit dem betreffenden Baum gleiche Masse hat:

$$x \cdot g = ghf, \text{ also: } x = hf.$$

Dieses x sollte nach König geschätzt werden.

Wenn auch die König'sche Richthöhe, das Produkt hf, für gewisse theoretische Betrachtungen ganz interessant ist, so muß dieselbe doch für die Zwecke der Massenermittelung als gänzlich unbrauchbar und veraltet betrachtet werden. In der neueren Litteratur wird die Richthöhe fast ausnahmslos nur im Sinne Preßlers gebraucht.

Diese Inhaltsformel gilt für parabolisch und kegelförmig gebildete Schäfte ganz genau, für sehr abholzige (neiloidische) mit einem Fehler von nur 1,3 %.

Um das Stammstück zwischen Meßpunkt und Abhiebspunkt ebenfalls zu berechnen, nimmt Preßler an, daß dieses, exkl. des sogenannten Schenkelholzes, gleich einem Cylinder von der gleichen Länge l und der Grundfläche g ist. Der Schaftgehalt beträgt demnach:

$$V = g \cdot \tfrac{2}{3} r + gl$$

$$V = \tfrac{2}{3} g(r + \tfrac{3}{2} l).$$

Da $r + l = R$ (Richthöhe), so ist

$$V = \tfrac{2}{3} g\left(R + \frac{l}{2}\right).$$

Der Inhalt des Schaftes bis zum Stockabschnitt (exkl. des Schenkelholzes) wird demnach gefunden, wenn man die Stammgrund-

fläche g mit $\frac{2}{3}$ der um die halbe Meßpunktshöhe vermehrten Richthöhe multipliziert.

Soll das Schenkelholz ebenfalls noch mit in Betracht gezogen werden, so wird zu dem Ausdruck $\left(R + \frac{l}{2}\right)$ noch das Drittel der Meßpunktshöhe so oftmal addiert, als das Zehntel der Grundstärke d in der mittleren Schenkelstärke D—d enthalten ist. Wäre dieses n mal der Fall, so ist die ganze Schaftholzmasse:

$$V_1 = \frac{2}{3}g\left(R + \frac{l}{2} + \frac{n \cdot l}{3}\right).$$

Man wird diese erweiterte Formel jedoch nur selten anwenden, sondern in der Regel den Ausdruck $\frac{2}{3}g\left(R + \frac{l}{2}\right)$ zur Berechnung benutzen.

Für die Ermittelung der Astmasse hat Preßler folgendes Gesetz aufgestellt: Das Astmasseprozent nimmt im Sinne einer Reihe zweiter Ordnung ab, wenn der beastete Stammteil (die Kronenlänge) nach einer einfachen Reihe erster Ordnung kürzer wird.

Kunze hat für Fichte und Kiefer folgende Astmassenprozente ermittelt:

Höhe des Kronenansatzes:	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8 h,
Astmassenprozent der Fichte:	30	25	18	14	9
" " Kiefer:	—	21,5	17,0	13,7	10,3

Die Schattenseiten des Preßler'schen Verfahrens liegen in der Schwierigkeit der richtigen Bestimmung des Richtpunktes, wozu das oben (S. 20) besprochene Richtrohr benutzt werden soll. Viele Bäume (Eiche, Buche rc.) sind in der Richtpunktshöhe bereits verzweigt, bei schlechter Beleuchtung im geschlossenen Bestand ist es kaum möglich mit dem Richtrohr zu arbeiten, und sehr schlanke, langschaftige Bäume ändern in der Gegend des Richtpunktes ihren Durchmesser so wenig, daß die Lage des ersteren mit dem wenig genau arbeitendem Instrument nur annähernd richtig bestimmt werden kann. Um dieses zu erleichtern, hat Preßler empfohlen, am Schaft die Punkte zu bestimmen, an denen der Durchmesser merkbar größer bezw. kleiner als $\frac{1}{2}$D ist, der Richtpunkt soll in der Mitte der so gefundenen „Richtpunktszone" liegen.

Die Prüfung der Preßler'schen Methode hat ziemlich günstige Resultate ergeben, die Abweichungen schwanken beim Nadelholz zwischen — 16,8 bis + 8,6 %, bei Laubholz zwischen — 14,5 und + 7,2 %, bei einer größeren Anzahl von Stämmen gleichen sich die Resultate so ziemlich aus.

In jenen Fällen, in welchen der Richtpunkt genau bestimmt werden kann, ist dieses Verfahren sehr empfehlenswert, um die Masse eines einzelnen stehenden Baumes zu ermitteln. Weil aber diese Voraussetzung selten zutrifft, so hat dasselbe wenig Eingang in die Praxis gefunden.

5. Sektionsweise Kubierung stehender Stämme.

§ 26. Würdigung der Methode.

Die sektionsweise Kubierung, welche für den liegenden Stamm jeden gewünschten Grad von Genauigkeit zu erreichen gestattet, eignet sich für die Massenermittelung stehender Stämme deshalb nicht, weil die Instrumente zur Messung des Durchmessers auf indirektem Wege nicht genügend scharfe Resultate geben und bei den hier obwaltenden Verhältnissen (große Entfernung, mangelhafte Beleuchtung u. s. w.) auch niemals erreichen lassen werden.

Unrichtige Bestimmungen des Durchmessers haben aber, wie oben bewiesen worden ist, so großen Einfluß auf die Genauigkeit des Resultates, daß dieses trotz der Schärfe der Methode nicht günstiger sein würde als jenes, welches bei Benutzung der übrigen bisher besprochenen Verfahren erreicht werden kann.

IV. Abschnitt.

Ermittelung des Holzmassengehaltes ganzer Bestände.

I. Bestandesmassenermittelung durch Schätzung.

§ 27. Summarische Schätzung der ganzen Bestandesmasse.

Die älteste und roheste Methode der Bestandesmassenermittelung, wie sie noch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts allgemein üblich war, bestand darin, daß man den betreffenden Bestand durchging und rein gutachtlich den Holzvorrat auf der ganzen Fläche ansprach. Wegen der vielen dabei gleichzeitig zu berücksichtigenden Faktoren (Bestandesdichte, durchschnittliche Masse der einzelnen Stämme, Flächengröße) ist dieselbe sehr unsicher und wird gegenwärtig von

einem technisch gebildeten Forstmann in dieser Form überhaupt nicht mehr angewendet, sondern höchstens noch von Holzhauern und Holzhändlern. Der Forstmann bezieht eine derartige Massenschätzung stets auf die Flächeneinheit, auf das Hektar, indem er aus den ihm bekannten Angaben über den Vorrat nach Holzart, Alter und Bonität unter Berücksichtigung der größeren oder geringeren Vollkommenheit des Bestandes auf dessen Masse schließt.

Bei großer Übung läßt sich auf diese Weise ein ziemlich gutes Resultat erreichen, obwohl selbst Fehler von ± 30 % keineswegs ausgeschlossen sind.

§ 28. Stammweise Schätzung.

Bei dieser zuerst von Zanthier um das Jahr 1760 angewandten Verbesserung des Verfahrens der Massenermittelung durchgehen mehrere Taxatoren gleichzeitig den betreffenden Bestand in parallelen nebeneinander gelegenen, schmalen Streifen und sprechen dabei jeden Stamm nach dem Augenmaße auf seinen Massengehalt an. Die geschätzten Inhalte werden in einem geeignet vorbereiteten Aufnahmebuche notiert und durch Summierung derselben die Bestandesmasse gefunden. Um Irrungen zu vermeiden, werden die bereits taxierten Bäume in irgend einer Weise bezeichnet.

Nach den Versuchen, welche Ihrig über dieses Verfahren angestellt hat, waren die Fehlermaxima der einzelnen Taxatoren + 11,5 und — 3,1 %, das arithmetische Mittel betrug + 3,8 %. Ihrig glaubt, daß unter günstigen Voraussetzungen (große Übung, gleichmäßige Bestockung, Vertrautheit mit der betr. Holzart und den lokalen Wachstumsverhältnissen) das Mittel der durch eine Mehrzahl von geübten und unbefangenen Schätzern ausgeführten Okulartaxation bei einer größeren Anzahl von Stämmen ein mindestens ebenso gutes, wenn nicht besseres Resultat darstellt, als bei Anwendung der bayerischen Massentafeln erreicht wird, falls die Baumhöhen nicht wirklich gemessen werden.

Da aber diesen Bedingungen nur selten genügt werden kann, und der Zeitaufwand für die Abschätzung und Notierung des Kubikinhaltes aller Stämme so ziemlich der gleiche ist, wie der zur Bestimmung der Stammgrundfläche mit Hilfe der Kluppe und zur Messung einiger

Baumhöhen, so wird man wohl in der Mehrzahl der Fälle, namentlich in geschlossenen, stammreichen Beständen, die ungleich sicherere Methode der Bestandesmassenermittelung mit Hilfe der Formzahlen oder Massentafeln vorziehen.

Das eben besprochene Verfahren der Okulartaxation hat nur in lichten Beständen mit wenigen, sehr starken Stämmen (Abtriebsschlägen bei natürlicher Verjüngung, Überhältern, Oberholz des Mittelwaldes) sowie in jenen Fällen seine Berechtigung, wo nur ein geringerer Grad von Genauigkeit erforderlich ist wie bei den Hiebsanweisungen; doch ist es auch hier zweckmäßig, die Schätzung durch einzelne Messungen zu unterstützen.

Die stammweise Schätzung kann entweder auf der ganzen in Betracht kommenden Fläche durchgeführt, oder auf einen kleinen Bruchteil derselben, eine sogenannte Probefläche beschränkt werden, aus deren Größe f und Masse m alsdann bei bekannter Größe F des Bestandes dessen Masse M nach der Proportion

$$m : M = f : F$$

gefunden wird.

§ 29. Massenschätzung nach Hiebsergebnissen.

In Waldungen, in welchen schon seit längerer Zeit das Ergebnis der Holzernte genau verbucht wird, bieten die Fällungsergebnisse auf die Flächeneinheit reduziert gute Anhaltspunkte für die Schätzung des Ertrages anderer Flächen, wenn man das gegenseitige Alter und das Verhältnis der übrigen die Bestandesmasse bildenden Faktoren berücksichtigt. Diese Methode kann daher nur von solchen Personen mit gutem Erfolge angewandt werden, welche die Beschaffenheit der abgetriebenen Bestände genau kennen.

Auch die Ergebnisse der Aufhiebe von Wegen und Schneisen, welche bei den Taxationen mehrfach vorkommen, bieten guten Anhalt für die Massenschätzung.

§ 30. Massenschätzung im Anhalte an einzelne Probeaufnahmen.

Wenn ausgedehnte Massenaufnahmen stattfinden sollen, wie dieses namentlich gelegentlich bei Forsteinrichtungsarbeiten der Fall ist, ohne daß spezielle Massenermittelung für sämtliche in Betracht kommenden

Bestände durchführbar sind, so empfiehlt es sich einer der später zu besprechenden genauen Methoden der Bestandesaufnahme in angemessenen Teilen (Probeflächen) einzelner charakteristischer Bestände für die verschiedenen Standorts- und Bestandeskategorieen Erhebungen über den Vorrat pro ha anzustellen. (Wegen der Auswahl von Probeflächen folgt näheres unten im § 48.) Wenn man die Durchschnitte aus diesen Aufnahmen für die gleichartigen Verhältnisse bildet und die Resultate derselben tabellarisch, etwa nach Art der Ertragstafeln (vgl. § 67) zusammenstellt, so erhält man einen guten Einblick in den Vorrat bei den betreffenden Standorts- und Bestandesverhältnissen oder mit anderen Worten, je nach der Ausdehnung, welche man diesen Erhebungen gegeben hat, eine mehr oder minder vollständige Lokalertragstafel.

Die so gewonnenen Materialien lassen sich sehr gut für die Einschätzung der übrigen Bestände unter der bereits oben erwähnten Voraussetzung verwenden, daß das Verhältnis des Alters und der übrigen massenbildenden Faktoren zwischen den Musterbeständen und den konkreten Beständen entsprechend berücksichtigt wird.

Es ist zweckmäßig, wenn die Probeflächen wenigstens für die Dauer der Arbeit bleibend bezeichnet und so gelegt werden, daß man dieselben möglichst oft vor Augen bekommen kann, also in die Nähe der Wohnungen oder häufig zu begehender Wege, um sich so den Bestandescharakter wiederholt einprägen zu können.

§ 31. Massenschätzung nach allgemeinen Ertragstafeln.

Aus den später noch eingehend zu besprechenden Ertragstafeln läßt sich der Vorrat normal bestockter Flächen für verschiedene Alter und Holzarten pro ha entnehmen, und können dieselben deshalb auch als ein Hilfsmittel für die Bestandesmassenermittelung dienen.

Bei Anwendung dieses Verfahrens sind, wenn möglich, solche Ertragstafeln zu benutzen, welche für das betreffende Wachstumsgebiet bestimmt sind. Hierauf werden a) die Bonitätsklasse des betr. Bestandes, b) das Verhältnis seiner Bestockung zur normalen und c) das Alter desselben ermittelt.

Ersteres geschieht am einfachsten, wie später gezeigt werden wird, durch Messung der Mittelhöhe, das zweite durch Bestimmung der

konkreten Stammgrundfläche mittels Kluppierung einer Probefläche; das Einschätzen des Bestockungsgrades in Bruchteilen des normalen giebt für die Massenermittelung ganz ungenaue Resultate und genügt nur für die Bestandesbeschreibung. Die Altersbestimmung erfolgt am besten durch Zählung der Jahrringe an frischen Stöcken oder eigens gefällten Bäumen.

Die Massenangaben der Ertragstafeln werden alsdann nach dem Verhältnis der Stammgrundfläche und ev. auch nach jenem der Höhen, falls diese beträchtlich von jenen der Ertragstafeln abweichen, reduziert.

Wenn aber die Mittelhöhe eines Bestandes und dessen Stammgrundfläche bekannt sind, dann ist es viel zweckmäßiger, die Massenermittelung mit Hilfe der Formzahlen oder Massentafeln vorzunehmen, da man hierdurch ein die individuellen Verhältnisse des Bestandes mehr berücksichtigendes Resultat erhält, als bei Anwendung der Ertragstafeln, welche Durchschnittswerte aus einem größeren Gebiete enthalten und deshalb für den einzelnen Bestand nur ausnahmsweise völlig zutreffende Angaben bieten. Ihre Aufgabe besteht aber auch weniger darin ein Hilfsmittel für die Massenermittelung als ein solches für die Bestimmung des Zuwachses zu sein.

II. Bestandesaufnahme durch Messung.

§ 32. Ermittelung der Stammzahl und Stammgrundfläche.

Sämtliche Methoden der Bestandesmassenermittelung durch Messung setzen die Kenntnis der Stammgrundfläche voraus, welche sich auch mit dem relativ größten Genauigkeitsgrade bestimmen läßt. Die Ermittelung derselben bildet daher stets den ersten und wichtigsten Arbeitsteil der Massenaufnahme.

Die Stammgrundfläche eines Bestandes ergiebt sich als die Summe der Stammgrundflächen aller Einzelstämme, die Ermittelung derselben geschieht durch das sogenannte Auskluppieren.

Bei diesem Geschäfte werden die Grundstärken aller Stämme in einer bestimmten Höhe, Brusthöhe (gewöhnlich 1,3 m) über dem Boden mittels der Kluppe gemessen.

Die Stammgrundfläche wird, wie bereits oben (S. 45) angegeben wurde, deshalb in Brusthöhe und nicht am Boden gemessen, weil

letzteres kaum durchführbar wäre und die Querfläche der Stämme an dieser Stelle wegen des Wurzelanlaufes am unregelmäßigsten ist.

Außer den Stammzahlen der einzelnen Stärkestufen soll bei der Kluppierung auch die Verteilung der Stämme nach Höhenklassen, wo solche auszuscheiden sind, und in gemischten Beständen auch nach Holzarten festgestellt werden.

Die Kluppierung wird in der Weise vorgenommen, daß ein oder mehrere Gehilfen (Kluppenführer) die Durchmesser abgreifen und die Größe derselben sowie, wenn mehrere Holzarten vorkommen, auch diese laut ausrufen, während der Taxator (Protokollführer, Manualführer) die Resultate der Messung in ein entsprechend vorgerichtetes Manual einträgt. Ein Manualführer kann gewöhnlich zwei, in dicht bestockten jungen Beständen aber nur einen einzigen Kluppenführer beschäftigen.

Um Doppelmessungen oder ein Übersehen von Stämmen zu vermeiden, werden dieselben nach der Messung vom Kluppenführer mittels des Reishakens oder der Kreide durch einen Strich, und zwar in der Richtung gegen den noch nicht aufgenommenen Bestand hin, bezeichnet.

Beim Kluppieren wird der Bestand streifenweise und an Berghängen in der Richtung der Horizontalen (um das Mittel der Meßhöhen an der Berg- und Thalseite zu erhalten) durchgangen, indem die Kluppenführer in nicht zu großer Entfernung von einander postiert werden und jeder derselben in seinem schmalen Streifen die Messung vollzieht, während der Taxator ihnen mit geringem Abstand nachfolgt, die ausgerufenen Dimensionen notiert und zugleich die Kluppenführer bezüglich des richtigen Anlegens der Kluppe sowie etwaiger grober Fehler bei der Durchmesserangabe nach dem Augenmaße kontroliert. Immerhin ist dieses aber nur in beschränktem Maße möglich, wenn mehrere Kluppenführer vorhanden sind, weil der Manualführer dadurch von seiner monotonen Arbeit abgelenkt wird und leicht das Eintragen von Durchmessern vergißt.

Größere Bestände werden, um die Übersicht zu erleichtern, unter Benutzung vorhandener Wege, Gräben u. s. w. in kleine Teile zerlegt, deren jeder für sich aufgenommen wird. In stark geneigtem Terrain werden die Streifen in horizontaler Richtung von unten beginnend aneinander gereiht.

Die Messung selbst wird in folgender Weise vorgenommen:

1. Vor dem Gebrauche, sowie auch während der Arbeit ist zu kontrolieren, ob der bewegliche Schenkel der Kluppe nicht schlottert.

2. Die Kluppe muß genau rechtwinklig zur Stammachse angelegt werden.

3. Bei stark bemoosten Stämmen muß das Moos vor der Messung entfernt werden. Ist an den Meßstellen eine auffallende Verdickung oder sonstige Unregelmäßigkeit, so wird nicht an dieser, sondern etwas höher oder tiefer gemessen. Besser ist es noch, sowohl darüber als auch darunter zu messen und aus beiden Messungen das Mittel zu nehmen.

4. Die Ablesung muß erfolgen, während die Kluppenschenkel noch fest am Stamm anliegen und hat zu diesem Zwecke der Gehilfe dicht an den Meßstab heranzutreten.

5. Die angenommene Meßhöhe ist genau festzuhalten; es empfiehlt sich, dieselbe an der Kleidung des Kluppenführers durch einen Kreidestrich, Knopf u. s. w. zu markieren.

Die Erhaltung der Meßhöhe ist deswegen genau zu kontrolieren, weil nach den Untersuchungen von Grundner eine Abweichung von 10 cm nach oben oder unten schon einen Flächenfehler von 1,5 % verursacht. Wenn die Messungen an den gleichen Stämmen öfters wiederholt werden sollen, wie z. B. auf den ständigen Versuchsflächen, muß die Meßstelle durch einen Ölfarbenstrich dauernd bezeichnet werden.

6. Bei den gewöhnlichen Kluppierungen für taxatorische Arbeiten wird in der Regel an jedem Stamme nur ein einziger Durchmesser abgegriffen, nur bei besonders stark exentrisch gewachsenen Stämmen werden deren zwei, übers Kreuz, gemessen und das Mittel von beiden eingetragen.

7. Da oft mehrere Kluppenführer ihre Messungen gleichzeitig ausrufen, so empfiehlt es sich, daß der Manualführer, um Mißverständnisse zu vermeiden, dieselben zum Zeichen des geschehenen Eintrages wiederholt.

Wenn die Bestände derartig beschaffen sind, daß Stämme von gleichem Durchmesser sehr bedeutende Höhenunterschiede aufweisen, und deshalb auch eine Sonderung nach Höhenklassen notwendig wird, schätzt der Manualführer, nachdem der Kluppenführer den Durchmesser eines Baumes gemessen hat, auch dessen Höhenklasse, um den richtigen

Eintrag in das Manual vornehmen zu können. Damit diese Arbeit nicht unnötig erschwert wird, scheidet man nicht zu viele Höhenklassen (gewöhnlich zwei bis drei mit genügenden Unterschieden von 3—5 m) aus. Eine feinere Abstufung hat auch deshalb keinen Zweck, weil die Einreihung in dieselben nur nach dem Augenmaße erfolgen kann.

Es ist zweckmäßig, wenn zur Feststellung der Höhenklassen und zur Übung des Taxators zuerst Probemessungen vorgenommen werden.

In sehr geschlossenen Beständen, in denen die Einschätzung der Höhenklassen wegen der ineinander greifenden Baumkronen schwierig und zeitraubend wird, kann ein Taxator nur einen Kluppenführer beschäftigen.

Bezüglich der Ausscheidung von Höhenklassen ist ebenso wie für die Trennung der verschiedenen Holzarten eines Bestandes zu bemerken, daß man nicht allzu ängstlich zu sein braucht, weil sonst die entstehende Arbeitsvermehrung in keinem Verhältnis zum erzielten Genauigkeitsgrade steht.

Selbst in ganz regelmäßig begründeten und erzogenen Beständen schwanken die Höhen für die gleichen Durchmesserstufen nicht unerheblich. Es müssen daher Differenzen von mindestens 4—5 m bei gleichem Durchmesser vorliegen, ehe eine Trennung nach Höhenklassen gerechtfertigt ist. In gleichaltrigen Hochwaldbeständen ist eine Ausscheidung von Höhenklassen wohl nie erforderlich, dieselbe beschränkt sich fast ausschließlich auf Plänter- und Mittelwaldbestände.

Bei den gemischten Beständen nötigt die verschiedene Formzahl der einzelnen Holzarten bei gleicher Höhe und gleichem Durchmesser zur Trennung und gesonderten Massenberechnung, jedoch erst dann, wenn die Beimischung so stark wird, daß ein erheblicher Einfluß auf das Resultat zu erwarten steht. Solange die Mischung nicht etwa 10 % beträgt, wird man ohne Anstand, die in der Minderzahl vorkommende Holzart der Hauptholzart zurechnen dürfen. Außerdem ist auch noch zu berücksichtigen, ob die Formzahlen der in Mischung vorkommenden Holzarten sehr verschieden sind. Man wird also, wenn z. B. Buchen und Kiefern mit einander gemischt sind, schon bei einem geringeren Prozentsatz der einen oder anderen Holzart zu einer Trennung für die Zwecke der Massenberechnung greifen müssen, als wenn Fichten und Tannen zusammen vorkommen.

Die Einrichtung des Manuals und die verschiedene Art der Notierung der Stammzahlen in demselben zeigt folgendes Formular:

Durchmesser bei 1,3 m über dem Boden	Holzart (Höhenklasse)		Stammzahl	
cm	Fichte (I)	Kiefer (II)	Fichte (Höhenklasse I)	Kiefer (Höhenklasse II)
30	卌 卌 卌 ǀǀǀ	卌 ǀǀǀ	18	8
32	⊠ ⊠ ⊠ ⊔	⊠ □	36	18
34	::::: ::::: ...	::::: ::::: ..	23	22

Die beiden ersten Formen der Vormerkung der Stammzahlen sind am gebräuchlichsten, die dritte (mit Punkten) ist zu unübersichtlich, verwischt sich bei feuchtem Wetter leicht und wird daher nur selten angewandt.

In der angegebenen Weise können von einem Protokollführer und zwei Kluppenführern nach den Untersuchungen von Heß pro Stunde im Mittel 680 Stämme (Maximum 971, Minimum 422), nach Baur 765 Stämme, durchschnittlich pro Arbeitstag also etwa 7000 Stämme gemessen werden.

Eine Arbeitsersparnis läßt sich hierbei durch die oben erwähnte selbstregistrierende Kluppe z. B. von Reuß erzielen, mit welch' letzterer ein Arbeiter pro Stunde nach den Versuchen des Oberförsters Wenderoth 355 Stämme (Maximum 535, Minimum 207) mißt. Die Arbeitsleistung ist demnach für den Kluppenführer in beiden Fällen etwa gleich groß, aber es ist nicht notwendig, daß der Taxator ständig anwesend ist, indem das Ablesen rascher und bei gelegener Zeit im Bureau erfolgen kann. Wo also Mangel an brauchbarem Personal besteht, wird diese Kluppe ganz schätzenswerte Dienste leisten.

§ 33. Bildung von Stärkestufen und Abrundung der Durchmesser.

Es ist bereits früher gezeigt worden (S. 26), welche Beziehung zwischen dem Genauigkeitsgrade, mit welchem der Durchmesser abgegriffen wird, und jenem der Kreisflächen- bezw. Massenermittelung beim Einzelstamme besteht, und wurde dort namentlich darauf hingewiesen, daß die Abstufungen bei der Messung des Durchmessers, wenn eine bestimmte Fehlergrenze nicht überschritten werden soll, umso kleiner gemacht werden müßten, je geringer dieser selbst ist.

Die gleichen Bedingungen bestehen auch bei der Ermittelung der Durchmesser von ganzen Beständen, nur kommt hier noch der Umstand in Betracht, daß es sich um die Aufnahme einer größeren Anzahl von Stämmen handelt, und hierdurch die Fehler, welche infolge einer weitergehenden Abrundung entstehen, teilweise ausgeglichen werden.

Während für die Messung der Einzelstämme die Durchmesser in der Praxis gewöhnlich auf ganze Zentimeter abgerundet und nur für wissenschaftliche Untersuchungen auf Millimeter genau abgegriffen werden, ist bei Bestandesaufnahmen eine erheblich stärkere Abrundung zulässig. Für taxatorische Arbeiten können in haubaren und angehend haubaren Beständen Abstufungen von 5 zu 5 cm gemacht werden, ohne einen Fehler von mehr als 1 % gegenüber der zentimeterweisen Kluppierung zu begehen.

Nur in sehr jungen Beständen bis etwa zu 30 Jahren ist eine Abstufung von 2 zu 2 cm nötig, in älteren Stangenhölzern erscheint bereits eine solche von 4 zu 4 cm zulässig.

Wenn Formzahl- und Massentafeln zur Massenermittelung benutzt werden sollen, kommt für die Abrundung auch die in den betreffenden Tafeln vorgenommene Durchmesserabstufung in Betracht.

Bei der Bestandeskluppierung bedient man sich mit Vorteil der früher beschriebenen selbstabrundenden Kluppe, welche leicht den gewählten Abstufungen entsprechend eingeteilt werden kann.

Über die Fehlerprozente, welche durch die Abrundung der Durchmesser veranlaßt werden, liegen Untersuchungen von Weise und Grundner vor.

Weise hat gefunden, daß die Abweichung gegenüber der zentimeterweisen Kluppierung bei Durchmesserstufen von 5 zu 5 cm für 73 696 Fichten 1 % (bei Beständen unter 40 Jahren 2,8 %), für 67 031 Kiefern 0,5 % (bei Beständen unter 20 Jahren 11,1 %, bei solchen von 20—40 Jahren 1,7 %) beträgt.

Nach den Untersuchungen von Grundner dürfen, um keinen Fehler zu begehen, welcher größer ist als 1 % der auf Millimeter genauen Kluppierung, die Abstufungen bei Beständen nicht größer sein als:

½ cm	bei	einem	Mitteldurchmesser	des	Bestandes	von 1—2 cm,
4 cm	„	„	„	„	„	„ 3—9 cm,
5 cm	„	„	„	„	„	von 10 cm an.

Bei wissenschaftlichen Arbeiten ist nach den Beschlüssen des Vereines deutscher forstlicher Versuchsanstalten eine Durchmesserabstufung von ganzen Zentimetern vorgeschrieben. Hierbei muß aber der Betrag

von 0,5 Zentimeter noch immer der vorausgehenden Durchmesserstufe zugerechnet wrden.

Lorey liefert hierfür folgenden Beweis:

Sind d_a und d_b zwei benachbarte Durchmesserstufen, so sind die entscheidenden Kreisflächen $\frac{\pi}{4}d_a^2$ und $\frac{\pi}{4}d_b^2$, die charakteristischen Werte d_a^2 und d_b^2 und die Grenze für Scheidung $\frac{d_a^2 + d_b^2}{2}$. Sucht man diese Grenze, so ergiebt sich, daß die Kreisfläche, welche zu $d_a + 0,5$ gehört, noch in die erste Hälfte des ganzen Intervalles fällt, denn wenn $d_b = d_a + 1$, so ist

$$\frac{d_a^2 + d_b^2}{2} = \frac{d_a^2 + d_a^2 + 2d_a + 1}{2} = d_a^2 + d_a + 0,5$$

dagegen ist $(d_a + 0,5)^2 = d_a^2 + d_a + 0,25$, also kleiner wie der Grenzwert.

Wegen der bereits früher besprochenen Abweichung der Schaftquerflächen von der Kreisform entstehen beim Abgreifen eines einzigen Durchmessers in konstanter Richtung Fehler, welche sich bei der Mehrzahl von Stämmen zwar teilweise, aber doch nicht vollständig ausgleichen, da die größten bez. kleinsten Durchmesser bei den meisten Bäumen innerhalb des Bestandes nach der gleichen Himmelsgegend liegen.

Nach Grundner erhält man bei zwei rechtwinkelig zu einander nach der gewöhnlichen Methode ausgeführten Messungen für den gleichen Bestand Differenzen, welche im Mittel bei der Buche: 5,6 %, Eiche 6,8 %, Kiefer 8,4 %, im Maximum 14 % betragen.

Die hierdurch entstehenden Fehler sind doch immerhin so bedeutend, daß es wünschenswert ist, sie auch bei den taxatorischen Arbeiten zu vermeiden. Th. Hartig hat deshalb vorgeschlagen, man solle beim streifenweisen Durchgehen die Durchmesser so abgreifen, daß im ersten Zug beim Messen die Schulter, im zweiten das Gesicht oder der Rücken der Ausgangsseite zugekehrt sei, und so abwechselnd Zug um Zug. Grundner empfiehlt von Stamm zu Stamm mit der Richtung zu wechseln, also z. B. den ersten Stamm in der Richtung OW, den zweiten in der Richtung NS u. s. w. zu messen.

Durch beide Methoden erhält man erheblich bessere Resultate als bei dem gewöhnlichen Verfahren. Während hier die Differenzen gegen Doppelkluppierung ± 5—6 % betragen, betragen sie nach der Hartig'schen Methode ± 1 % und bei der von Grundner vorgeschlagenen nur ± 0,5 %.

Leider sind beide Methoden etwas unbequem und eignen sich

deshalb weniger bei der Kluppierung ganzer Bestände als bei jener von Probeflächen zur Anwendung.

Bei forststatischen Untersuchungen werden stets zwei Durchmesser für jeden Stamm abgegriffen, und zwar am besten je in der Richtung des größten und kleinsten Durchmessers. Man kann nun entweder aus den beiden Durchmessern sofort das arithmetische Mittel berechnen und dieses notieren, oder man trägt jeden abgegriffenen Durchmesser ein und legt dann die halbe Summe der sämtlichen Durchmessern zugehörigen Kreisfläche der Rechnung zu Grunde.

Vom mathematischen Standpunkt aus ist zwar das erstere Verfahren das genauere, indem das letztere stets etwas zu große Resultate liefert. Allein die betreffende Differenz ist so gering (nach Grundner 0,1 %), daß es sich empfiehlt, stets das zweite Verfahren zu wählen, welches ungleich praktischer ist, weil der Manualführer nicht gezwungen ist, stets sofort das Mittel der Durchmesser zu berechnen, wodurch leicht Irrtümer entstehen, außerdem geht die Arbeit aber auch erheblich rascher, weil beim Wegfall dieser Rechnungen statt eines einzigen Kluppenführers von einem Manualführer deren zwei und unter Umständen sogar drei beschäftigt werden können.

Die Berechnung der Bestandeskreisflächensumme aus den bekannten Durchmessern und Stammzahlen erfolgt unter Benutzung der früher (S. 28) bereits besprochenen Kreisflächenmultiplikationstafeln in äußerst einfacher Weise. Bezüglich der Anzahl von Dezimalstellen von Quadratmetern, mit welchen man zu rechnen hat, wenn die Stückstufen nicht enger gemacht worden sind als halbe Zentimeter, hat Grundner ebenfalls Untersuchungen angestellt. Dieselben haben ergeben, daß die Rechnung mit mehr als drei Dezimalstellen selbst für wissenschaftliche Zwecke eine mit dem Genauigkeitsgrad der Rechnungsgrundlagen nicht im Einklang stehende Erschwerung ist, sondern daß für die meisten praktischen Zwecke die Benutzung zweistelliger Kreisflächenmultiplikationstafeln genügt.

§ 34. Einleitung zu den verschiedenen Methoden der Bestandesmassenermittelung.

Wenn die Bestände aus n ihrer Stammgrundfläche g, Scheitelhöhe h und Formzahl f nach vollkommen gleichen Bäumen zusammen-

gesetzt wären, so würde sich deren Massengehalt vollständig genau ergeben, wenn man den Inhalt eines Stammes ermitteln und diesen mit der gesamten Stammzahl multiplizieren würde. Derartige Bestände finden sich zwar in der Natur nicht, aber die Stämme eines regelmäßigen Hochwaldbestandes sind doch auch nicht so von einander verschieden, daß die genaue stereometrische Ausmessung jedes einzelnen Stammes notwendig wäre. Letzteres würde nur dann der Fall sein, wenn die Formzahl für jeden Stamm verschieden und nicht wenigstens annähernd eine stetige Funktion der Grundstärke bez. der Höhe oder beider zugleich wäre. Bei sehr unregelmäßig erwachsenen Plänterwaldbeständen liegen die Verhältnisse allerdings nicht so günstig, aber es kann auch hier die spezielle Massenermittelung auf wenige Stämme beschränkt werden.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle darf jedoch angenommen werden, daß in demselben Bestand Stämme von gleicher Grundstärke, voraussichtlich auch in ihrer Höhe und Formzahl und damit auch in ihrer Masse nicht erheblich differieren werden. Man braucht deshalb in solchen Beständen nur Gruppen (Klassen) von gleicher oder annähernd gleicher Grundstärke zu bilden, um hiermit auch die Stämme von gleicher Höhe und Formzahl zu treffen. Für jede solche Gruppe können Repräsentanten (Probe- oder Modellstämme) gewählt und kubiert werden, und es ist alsdann zulässig, aus ihrem Inhalte einen Schluß auf die Masse der ganzen Klasse zu ziehen. Über die Abgrenzung dieser Gruppen wird weiter unten das nähere folgen.

In jenen Beständen, in welchen die Höhe und Formzahl nicht als eine Funktion der Stärke betrachtet werden dürfen, ist es nötig, neben der Grundstärke auch noch die Höhe zu messen oder zu schätzen, und neben den Stärkeklassen auch noch Höhenklassen auszuscheiden. Von der Bildung besonderer Formzahlklassen wird indessen auch hier abgesehen, weil es einerseits unmöglich ist, die Formzahl annähernd richtig zu schätzen, und weil andererseits zwischen Höhe und Grundstärke einerseits und Formzahl andererseits stets ein enger Zusammenhang besteht. Man erhält deshalb bei der Ausscheidung der Höhen- und Stärkeklassen gleichzeitig Formzahlklassen.

1. Verfahren der Bestandesmassenermittelung für den Fall, daß die Höhe eine Funktion der Stärke ist.

a. Massenermittelung durch Fällung von Probestämmen.

§ 35. Bestandesaufnahme nach dem (arithmetisch) mittleren Modellstamme.

Bei diesem Verfahren wird jener Stamm ausgewählt, welcher die mittlere Kreisfläche und damit auch zugleich die mittlere Höhe und Formzahl des betreffenden Bestandes repräsentiert. Die Bestandesmasse M wird alsdann gefunden durch Multiplikation der Masse m des mittleren Modellstammes mit der Stammzahl n des Bestandes

$$M = m \,.\, n.$$

Da die Abhängigkeit der Höhe und Formzahl von der Kreisfläche bez. dem Durchmesser vorausgesetzt wird, so ist also nur nötig, diese Elemente für den Mittelstamm zu berechnen, was in einfacher Weise dadurch geschieht, daß man die Kreisflächensumme des Bestandes G durch die Stammzahl n dividiert.

$$g = \frac{g_1 n_1 + g_2 n_2 + g_3 n_3 + \ldots}{n_1 + n_2 + n_3 + \ldots} = \frac{G}{n}$$

Man sucht alsdann im Bestande einen Stamm mit dem zur mittleren Kreisfläche g gehörigen Durchmesser d, welcher auch den übrigen später noch näher zu erörternden Ansprüchen an einen Modellstamm entspricht und läßt diesen in mehreren (3—4) Exemplaren fällen, um von den individuellen Unregelmäßigkeiten unabhängige Mittelwerte zu erhalten. Der durchschnittliche Festgehalt dieser Stämme stellt die richtige Masse des mittleren Modellstammes dar, welcher in der oben angegebenen Weise durch Multiplikation mit der Stammzahl die Bestandesmasse ergiebt.

Die Massenermittelung mit Hilfe des arithmetisch mittleren Modellstammes ist zuerst von Huber im Jahre 1824 publiziert worden.

Da $g = \frac{G}{n}$, so ist $n = \frac{G}{g}$

setzt man diesen Ausdruck in die gewöhnliche Formel

$$M = m \,.\, n$$

ein, so erhält man:

$$M = m \,.\, \frac{G}{g}$$

Verfahren des mittleren Modellstammes.

Distrikt: Ostkornberg. Abth.: Dürrerstein.

Holzart	Der kluppierten Stämme			Des Bestandes		Des mittleren Modellstammes		Zahl der Probestämme
	Stärkestufe	Zahl	Kreisflächensumme	Stammzahl	Kreisfläche	Kreisfläche in qm	Durchmesser in cm	
	cm		qm		qm	bei 1,3 m über dem Boden		
Kiefer	14	1	0,015	176	13,238	0,0752	31,0	2
	17	1	0,023					
	18	1	0,025					
	20	1	0,031					
	21	5	0,173					
	22	3	0,114					
	23	4	0,166					
	24	8	0,362					
	25	13	0,638					
	26	7	0,372					
	27	10	0,573					
	28	11	0,677					
	29	8	0,528					
	30	24	1,696					
	31	11	0,830					
	32	10	0,804					
	33	9	0,770					
	34	9	0,817					
	35	14	1,347					
	36	4	0,407					
	37	5	0,538					
	38	3	0,340					
	39	3	0,358					
	40	4	0,503					
	42	2	0,277					
	43	1	0,145					
	46	2	0,332					
	49	2	0,377					

Es wurden zwei Probestämme gefällt, von denen der eine 18 m Länge und 22 cm Durchmesser, der andere 16 m Länge und 21,2 cm Durchmesser als Mitteldurchmesser, beide aber 31 cm in Brusthöhe hatten. Der Kubikinhalt von a war 0,68 fm, jener von b = 0,56 fm, das Mittel also 0,62 fm, die ganze Bestandesmasse ist daher 176×0,62 = 109,12 fm.

d. h. man findet die Bestandesmasse auch, wenn die Bestandesgrundfläche durch die Kreisfläche des Modellstammes dividiert und der Quotient mit der Masse des Modellstammes multipliziert wird.

Wenn die Grundfläche g des konkreten Mittelstammes genau $= \frac{G}{n}$ ist, so wird zur Massenberechnung stets die einfache Formel

$$M = m \, . \, n$$

benutzt.

Die andere Formel ist dann am Platze, wenn $\frac{G}{g}$ nicht genau $= n$, ein Fall, der bei den später noch zu besprechenden Verfahren von Draudt und Urich leicht vorkommt und dort auch näher erörtert werden wird.

Obwohl dieses bereits von Huber im Jahre 1824 angegebene und später namentlich von Carl Heyer empfohlene Verfahren sehr einfach und bequem ist, so eignet sich dasselbe doch wegen ungenügender Genauigkeit selbst für die taxatorischen Arbeiter wenig, da durch die anderen später zu besprechenden Verfahren ohne nennenswerte Mehrarbeit erheblich bessere Resultate erzielt werden.

Wie eingangs angegeben, geht nämlich dieses Verfahren von dem Prinzip aus, daß der mittlere Modellstamm nicht nur die mittlere Kreisfläche, sondern damit zugleich auch die mittlere Höhe und Formzahl des Bestandes darstelle.

Damit dieser Bedingung Genüge geleistet wird, muß aber auch

$$GHF = n_1 g_1 h_1 f_1 + n_2 g_2 h_2 f_2 + n_3 g_3 h_3 f_3 + \ldots \text{ sein,}$$

oder da $G = ng = n_1 g_1 + n_2 g_2 + n_3 g_3 + \ldots$

so müßte $HF = h_1 f_1 = h_2 f_2 = h_3 f_3 = c$ sein.

Diese Voraussetzung trifft jedoch für einen ganzen Bestand selten zu, sondern nur für nahe zusammenliegende Stärkestufen, und schon aus diesem Grunde ergiebt sich, daß die Bestandesmassenermittelung mit Hilfe eines (bez. mehrerer gleichstarker) arithmetisch mittleren Modellstammes keine genauen Resultate liefern kann.

G. Heyer hat untersucht*), ob nicht trotzdem die arithmetisch mittlere Querfläche auch den richtigen Mittelstamm ergiebt, und hat dabei die Bedingungsgleichung

$$r = R - c + \frac{G}{g} = c$$

*) G. Heyer: über die Ermittelung der Masse, des Alters und des Zuwachses der Holzbestände, Dessau 1852.

entwickelt, in welcher r und R zwei Richthöhen (im Sinne Königs), g und G die zu denselben gehörenden Stammquerflächen und c eine durch die Beobachtung zu bestimmende Konstante bedeutet. Aber auch dieser Bedingung wird nur sehr selten genügt.

Kunze*) hat aber auch nachgewiesen, daß man wegen der Ungleichheit der Produkte h_1f_1, h_2f_2 auch die Kreisfläche des Mittelstammes aus dem Ausdrucke

$$g = \frac{n_1g_1 + n_2g_2 + n_3g_3 + \ldots}{n_1 + n_2 + n_3 + \ldots}$$

nicht richtig erhält, indem dieser nur eine einzelne Durchmesserklasse oder wenigstens nur für mehrere nahe zusammenliegende zutrifft, während man die Mittelfläche des Modellstammes für eine größere Anzahl von Klassen oder einen ganzen Bestand nur nach der erheblich unbequemeren Formel

$$g = \sqrt{\frac{g_1^2n_1 + g_2^2n_2 + g_3^2n_3 + \ldots}{n_1 + n_2 + n_3 + \ldots}}$$

richtig berechnet. Man erhält hierbei stets größere Werte für g als auf dem üblichen Wege.

Da dieses jedoch in der Praxis niemals geschieht, so ergeben sich bei dem gewöhnlichen Verfahren nicht unbedeutende Fehler, welche nach einer Untersuchungsreihe von Kunze zwischen − 8,59 und + 6,36 % schwanken.

Eine weitere Vermehrung der Probestammfällung gegenüber der oben angegebenen Zahl vermag diese Fehlerquellen nicht zu beseitigen, auch würde dadurch der Hauptvorzug der Methode der Massenermittelung nach dem mittleren Modellstamme gegenüber den alsbald zu besprechenden besseren Verfahren, bei welchen die Stämme des Bestandes in mehreren Klassen geteilt, und für jede Klasse Probestämme gefällt werden, schwinden, indem diese nur darin besteht, daß bei ihr weniger Probestämme gefällt zu werden brauchen, als bei den übrigen.

§ 36. Ältere Verfahren der Bestandesaufnahme nach Klassenmittelstämmen.

Da die Voraussetzungen, welche notwendig sind, wenn durch Anwendung eines mittleren Modellstammes für den ganzen Bestand

*) Kunze, Anleitung zur Aufnahme des Holzgehaltes der Waldbestände, Berlin 1886 p. 17 ff.

gute Resultate gewonnen werden sollen, nur ausnahmsweise in sehr gleichartigen Orten zutreffen, so ist es zweckmäßiger, den Bestand in mehrere Gruppen (Klassen) zu zerlegen, für jede derselben den mittleren Modelstamm zu berechnen und deren Massen gesondert zu ermitteln.

Die Zahl der Klassen wird durch den verlangten Genauigkeitsgrad bedingt, den allgemeinen Anhalt bietet die oben bereits besprochene Forderung, daß der Modellstamm auch die mittlere Höhe und mittlere Formzahl der Klasse repräsentiere. Je größer die Zahl der Klassen, desto mehr wird dieser Bedingung Genüge geleistet, desto schwerfälliger wird andrerseits aber auch die Rechnung, da jede Klasse für sich behandelt werden muß.

Wenn bei der Bestandeskluppierung größere Intervalle für die Messung der Stärke (4—5 cm) gemacht worden sind, so können bei genauer Arbeit die Stärkeklassen gleich für die weitere Rechnung beibehalten werden, man erspart hierbei die Berechnung des Durchmessers des Modellstammes, da dieser die mittlere Stärke der Klasse besitzt, in welche er fällt. Gewöhnlich wird aber eine größere Anzahl von Stärkeklassen zusammengefaßt, so daß für die Massenberechnung nur wenige (3—5) Gruppen vorhanden sind.

Hätte man m_1, m_2 und m_3 als die Massen der einzelnen Gruppen nach dem gleichen Verfahren ermittelt, welches oben für den ganzen Bestand angegeben worden ist, so findet man die Bestandesmasse:

$$M = M_1 + M_2 + M_3.$$

Dieses Verfahren war früher viel verbreitet und auch in verschiedenen Forsteinrichtungsinstruktionen (z. B. Bayern) vorgeschrieben; seit der Ausbildung des Draudt'schen und Urich'schen Verfahrens wird dasselbe jedoch wegen der Notwendigkeit, die einzelnen Klassen gesondert zu behandeln, kaum noch angewendet, wenn die Masse der Probestämme nach der Fällung ermittelt werden soll; dagegen ist es ganz geeignet, wenn die Massenermittelung mit Hilfe von Formzahlen oder Massentafeln durchgeführt wird.

Oben ist gezeigt worden, daß man die Masse M eines Bestandes nicht nur durch Multiplikation der Masse des mittleren Modellstammes mit der Stammzahl, sondern auch nach der Formel: $M = m\frac{G}{g}$ berechnen kann.

Älteres Verfahren nach Klassenmittelstämmen.

Oberförsterei: Nieder-Ohmen. Distrikt: Kehrberg. Holzart: Kiefer.

Stärkestufe: Durchmesser in Brusthöhe cm	Stammzahl	Kreisfläche der Stärkestufe qm	Nummer der Klasse	Der Klasse: Stammzahl	Der Klasse: Kreisflächensumme qm	Des Klassenmodellstammes: Durchmesser cm	Des Klassenmodellstammes: Masse fm	Masse der Klasse fm
15	18	0,3186						
16	9	0,1809						
17	27	0,6129						
18	45	1,1430	I	189	4,9464	18,3	0,295	55,76
19	45	1,2780						
20	45	1,4130						
21	36	1,2456						
22	63	2,3940						
23	63	2,6145	II	288	12,1248	23,1	0,541	155,81
24	81	3,6612						
25	45	2,2095						
26	36	1,9116						
27	81	4,6413						
28	18	1,1088	III	198	11,9502	27,7	0,797	150,63
29	36	2,3796						
30	27	1,9089						
31	9	0,6795						
32	45	3,6180						
33	27	2,3085	IV	99	8,2040	32,5	1,227	121,47
34	18	1,6344						
35	—	—						
36	9	0,9162						
37	9	0,9675						
38	9	1,0206						
39	—	—	V	45	5,3991	39,1	1,642	73,89
40	—	—						
41	9	1,1880						
42	—	—						
43	9	1,3068						

Berechnung der Bestandesmasse:

$M_1 = 55,76$ fm
$M_2 = 155,81$ „
$M_3 = 150,63$ „
$M_4 = 121,47$ „
$M_5 = 73,89$ „

Bestandesmasse $= 557,56$ fm

Bei der Ausscheidung mehrerer Klassen ist demgemäß auch:

$$M = m_1\frac{G_1}{g_1} + m_2\frac{G_2}{g_2} + m_3\frac{G_3}{g_3}.$$

Wenn $\frac{G_1}{g_1} = \frac{G_2}{g_2} = \frac{G_3}{g_3} = c$ wäre, so erhielte man hieraus

$$M = c(m_1 + m_2 + m_3),$$

d. h. man brauchte die Masse der einzelnen Modellstämme und Klassen nicht gesondert zu berechnen, sondern könnte die Probestämme gemeinschaftlich aufarbeiten lassen, was namentlich bei Laubholz die Kubierung sehr vereinfacht, und erhielte die Bestandesmasse durch Multiplikation der Masse des Probeholzes mit dem gemeinschaftlichen Faktor c.

Dieser Bedingung wird nun zwar bei dem eben besprochenen Verfahren der Bestandesmassenermittelung durch Anwendung von Klassen- und mittleren Modellstämmen nicht genügt, wohl aber entsprechen derselben die gleich näher zu besprechenden Methoden von Draudt und Urich, welche Urich deshalb als Probestammsysteme im engeren Sinn bezeichnet. Er versteht nämlich hierunter bloß jene Methoden, bei welchen die auszuwählenden Probestämme nicht nur verschiedenen Stärkestufen entnommen, sondern auch in einen derartigen Zusammenhang untereinander gebracht werden, daß eine einheitliche Aufarbeitung des Probeholzes stattfinden und die Bestandesmasse direkt aus dem Gesamtproheholzergebnis abgeleitet werden kann.

Dieses ist aber nur dann der Fall, wenn wie oben gezeigt, das Verhältnis der Kreisflächen der Klassen zu jenen der Probestämme eine konstante Größe ist; alsdann erhält man auch die Bestandesmasse durch Multiplikation der gesamten Probeholzmasse mit dem Quotienten aus Probestamm- in Bestandeskreisflächensumme.

§ 37. Verfahren von Draudt.*)

Bei diesem sollen die Probestämme in ihrer Zusammenstellung ein genaues Modell des Bestandes auch bezüglich der Stammverteilung nach Stärkestufen darbieten. Dieses Ziel wird am sichersten dann erreicht, wenn in den Modellstämmen möglichst alle Stärkestufen des

---

*) Allgem. Forst- u. Jagd-Zeitung 1857, p. 121; 1860, p. 465; 1862, p. 350. — Draudt, die Ermittelung der Holzmassen, 1860.

Bestandes, und zwar in demselben Verhältnis ihrer Stammzahl, wie im Bestand selbst, vertreten sind, wenn also Modellstämme für alle Stärkestufen und proportional zur Stammzahl derselben gewählt werden.

Zu diesem Zweck wird zuerst der Prozentsatz p festgestellt, welchen die Probestämme von den einzelnen Klassen bez. von der Gesamtstammzahl darstellen sollen. p kann entweder direkt angegeben werden, indem man sagt, es sollen 1, 2 u. s. w. Prozente der Stammzahlen als Probestämme gefällt werden, oder es wird die Zahl der im ganzen zu fällenden Probestämme angegeben, und alsdann aus dieser sowie aus der Gesamtstammzahl der Prozentsatz p berechnet.

Wenn z. B. die Stammzahl des Bestandes 1780 beträgt, und 25 Probestämme gefällt werden sollen, so ergiebt sich:

$$1780 : 25 = 100 : p$$
$$p = 1{,}4\ \%.$$

Mit dem auf der einen oder anderen Weise bestimmten Prozentsatz p werden die Stammzahlen der einzelnen Stärkeklassen, welche bei der Kluppierung gebildet worden sind, multipliziert, um zu ermitteln, wie viele Probestämme für jede Stärkeklasse gefällt werden sollen. Die hierbei entstandenen Bruchteile von Probestämmen werden dadurch beseitigt, daß man zunächst jene über 0,5 für voll rechnet und jene unter 0,5 vernachlässigt. Liefern mehrere benachbarte Stärkestufen keinen ganzen Probestamm bez. nur Bruchteile unter 0,5, was namentlich in den schwächsten und stärksten Stufen vorkommt, so vereinigt man je nach der Größe dieser Bruchteile mehrere Stufen. Schließlich wird zusammengestellt, ob die Zahl der so berechneten Probestämme mit ihrer vorher bestimmten Gesamtzahl übereinstimmt; Differenzen, welche durch die Abrundung veranlaßt sind, werden alsdann ausgeglichen. Um die Entstehung vieler Bruchteile eines ganzen Probestammes zu vermeiden, empfiehlt es sich namentlich bei stammarmen Beständen mit großen Stärkeunterschieden, bei der Kluppierung nicht zu kleine Durchmesserabstufungen zu bilden.

Die berechneten Modellstämme werden nach Zahl und Durchmesserstufe im Wald ausgewählt und ihre Grundstärken notiert. Nach dem Fällen werden sie entweder sektionsweise kubiert oder in die gewöhnlichen Verkaufsmaße und Sortimente aufgearbeitet und deren Inhalt sowie Menge ermittelt.

Dem Prinzipe des Verfassers entsprechend müßte das Probeholz m ebenfalls den angenommenen Prozentsatz p der Bestandesmasse M darstellen und letztere nach dem Ausdrucke:

$$M = \frac{m \, . \, 100}{p}$$

zu berechnen sein. Wegen der Abrundung bei Bestimmung der Probestammzahl trifft jedoch dieses Verhältnis nicht mehr ganz genau zu und wird statt des Quotienten $\frac{100}{p}$ nach Draudts Vorschlag jener $\frac{\text{Kreisflächensumme des Bestandes}}{\text{Kreisflächensumme der Probestämme}}$ eingeführt und durch Multiplikation des letzteren mit der Masse des Probeholzes die Bestandesmasse gefunden.

Sind die Probestämme nach Sortimenten aufgearbeitet worden, so bekommt man hierdurch auch ein Bild von der Verteilung der Bestandesmasse in diesen Sortimenten; den zu erwartenden Anfall hiervon erhält man durch Multiplikation der Einzelbeträge, welche sich bei der Aufarbeitung ergeben haben, mit dem Quotienten:

$$\frac{\text{Kreisflächensumme des Bestandes}}{\text{Kreisflächensumme der Probestämme.}}$$

Theoretische Begründung des Draudt'schen Verfahrens.

Wenn n die Zahl der in einer Stärkeklasse vorhandenen Stämme und ν jene der aus derselben zu entnehmenden Probestämme, m und γ die Masse bez. Kreisfläche je eines Stammes darstellt, so hat man

$$n_1 : \nu_1 = n_2 : \nu_2 = 100 : p.$$

Die Bestandesmasse $M = m_1 n_1 + m_2 n_2 + m_3 n_3$

$$= m_1 \frac{n_1}{\nu_1} \nu_1 + m_2 \frac{n_2}{\nu_2} \nu_2 + m_3 \frac{n_3}{\nu_3} \nu_3$$

Da aber $\frac{n_1}{\nu_1} = \frac{n_2}{\nu_2} = \frac{n_3}{\nu_3} = \frac{100}{p}$

so ist $M = (m_1 \nu_1 + m_2 \nu_2 + m_3 \nu_3) \frac{100}{p}$ 1)

Die Kreisflächensumme des Bestandes

$G = \gamma_1 n_1 + \gamma_2 n_2 + \gamma_3 n_3$ 2)

Die Kreisflächensumme der Probestämme

$$g = \gamma_1\nu_1 + \gamma_2\nu_2 + \gamma_3\nu_3$$

Da

$$\frac{n}{\nu} = \frac{100}{p}$$

so ist auch

$$\nu = \frac{p}{100} n$$

und

$$g = \frac{p}{100} (\gamma_1 n_1 + \gamma_2 n_2 + \gamma_3 n_3)$$

oder nach 2)

$$g = \frac{p}{100} G$$

hieraus folgt

$$\frac{G}{g} = \frac{100}{p}$$

setzt man $\frac{G}{g}$ für $\frac{100}{p}$ in Gleichung 1) ein, so erhält man:

$$M = (m_1\nu_1 + m_2\nu_2 + m_3\nu_3)\frac{G}{g}$$

Bei der Auswahl der Probestämme braucht man sich auch nicht allzu ängstlich an die berechneten Durchmesser derselben zu halten, sondern darf sich kleine Abweichungen gestatten, da sich bei der größeren Anzahl von Probestämmen nicht nur diese Fehler so ziemlich ausgleichen, sondern das Verhältnis $\frac{(m_1\nu_1 + m_2\nu_2 + m_3\nu_3)}{g}$ trotzdem nahezu gleich bleibt, weil bei einem nicht ganz richtig ausgewählten Stamme m und γ sich im gleichen Verhältnis ändern werden. Man hat nur darauf zu sehen, daß g möglichst genau $= G \,.\, 0{,}0p$ wird, weil dann die zu starken Durchmesser von schwächeren wieder ausgeglichen werden.

Die Vorzüge des Draudt'schen Verfahrens bestehen einerseits in dem hohen Grade von Genauigkeit, mit welchem die Bestandesmasse berechnet wird, und andererseits in seiner Einfachheit sowie in der Möglichkeit, die Probestämme gemeinschaftlich aufarbeiten zu können, und aus der sich hierbei ergebenden Verteilung nach Sortimenten einen Schluß auf den zu erntenden Gesamtanfall von diesen ziehen zu können.

Draudt'sches Verfahren. Oberförsterei Wirthy.

Distrikt: 132. Abteilung: b. Holzart: Kiefer.

Der Stämme			0,0p (hier 0,01) mal Stammzahl	Der Probestämme			
Durchmesser cm	Anzahl	Kreisfläche		Durchmesser cm	Anzahl	Kreisfläche qm soll	Kreisfläche qm ist
15	76	1,343	0,76	15	1	0,018	0,019
18	372	9,466	3,72	18	4	0,102	0,098
21	576	19,950	5,76	21	6	0,208	0,214
24	808	36,553	8,08	24	8	0,362	0,354
27	832	47,636	8,32	27	8	0,458	0,466
30	908	66,303	9,08	30	9	0,636	0,640
33	600	51,318	6,00	33	6	0,513	0,504
36	300	30,536	3,00	36	3	0,305	0,308
39	132	15,769	1,32	39	1	0,119	0,116
42	48	6,650	0,48	45	1	0,159	0,166
45	24	3,817	0,24	—	—	—	—
Sa:	4676	289,341	46,76		47	2,880	2,885

Die Gesamtmasse des Probeholzes war 30,5 fm.

Die Bestandesmasse ist demnach $= 30{,}5 \times \frac{289{,}341}{2{,}885} = 3062{,}20$ fm.

Bei der Aufarbeitung des Probeholzes hat sich folgende Verteilung nach Sortimenten ergeben: 9,5 fm Stammholz III. Klasse, 4,3 fm Stammholz IV. Klasse und 4,1 fm Stammholz V. Klasse, ferner 7,75 Raummeter Scheitholz, 4 Raummeter Knüppel und 17 Raummeter Reisig.

Der Gesamtanfall wird sich daher wie folgt nach Sortimenten verteilen:

Stammholz III. Klasse $9{,}5 \times \frac{289{,}341}{2{,}885} = 953{,}8$ fm

" IV. " $4{,}3 \times \frac{289{,}341}{2{,}885} = 431{,}7$ "

" V. " $4{,}1 \times \frac{289{,}341}{2{,}885} = 411{,}6$ "

Scheitholz $7{,}75 \times \frac{289{,}341}{2{,}885} = 778{,}1$ rm

Knüppel $4 \times \frac{289{,}341}{2{,}885} = 401{,}6$ "

Reisig $17 \times \frac{289{,}341}{2{,}885} = 1706{,}8$ "

Als Schattenseiten desselben sind hervorzuheben, daß bei der Multiplikation der Stammzahlen mit 0,0p Bruchteile entstehen, welche teils vernachlässigt, teils voll gerechnet werden, sowie daß bei geringer Stammzahl oft mehrere Stärkestufen gar keine Vertretung finden und ein auf mehrere derselben entfallender Probestamm oft ziemlich willkürlich zugeteilt werden müssen.

Diese Bedenken kommen nur bei kleinen Beständen mit weiterauseinanderliegenden Stärkestufen oder bei Probeflächen in Betracht, allein auch hier werden mit dem Draudt'schen Verfahren, wie durch Versuch nachgewiesen worden ist, sehr gute Resultate erzielt.

§ 38. Verfahren von Urich.*)

Dasselbe stimmt im Prinzipe mit dem Draudt'schen Verfahren überein, sucht aber den kleinen Fehler, welcher durch die Abrundung der bei der Multiplikation mit 0,0p entstandenen Bruchteile veranlaßt wird, dadurch zu umgehen, daß ein Probestamm je für die gleiche Stammzahl entnommen wird.

Bei dem Urich'schen Verfahren werden die Stämme des Bestandes nach der Reihenfolge der Stärkestufen Gruppen von gleicher Stammzahl zugewiesen, wobei nach Bedarf auch einzelne Stärkestufen zerteilt werden. Für jede dieser Gruppen wird der mittlere Modellstamm berechnet.

Im übrigen stimmt das Verfahren ganz mit jenem von Draudt überein. Auch hier ist eine gemeinsame Aufarbeitung des Probeholzes statthaft und wird die Bestandesmasse ebenso wie die Verteilung derselben nach Sortimenten berechnet durch Multiplikation der Masse des gesamten Probeholzes bez. des betreffenden Sortimentes mit dem Quotienten: $\frac{\text{Kreisflächensumme des Bestandes}}{\text{Kreisflächensumme der Probestämme}}$.

Bezüglich der Zahl der Klassen bestehen keine bestimmten Vorschriften, doch wird man deren nicht zu wenige (jedenfalls nicht weniger als drei) bilden dürfen, um den bei Besprechung des mittleren Modellstammes erwähnten Mißstand zu vermeiden, daß die mit der mittleren Kreisfläche versehenen Stämme nicht auch den mittleren Inhalt der

*) Allgem. Forst- und Jagd-Zeit. 1862 p. 77.

betreffenden Gruppe besitzen. Eine zu große Anzahl von Gruppen erschwert das Verfahren, indem zu oft Teilung von Stärkestufen notwendig wird, und für jede Gruppe der Modellstamm berechnet werden muß.

Der Verein deutscher forstlicher Versuchs-Anstalten, welcher dieses Verfahren ebenfalls adoptiert hat, schreibt die Bildung von fünf Klassen vor. Diese Anzahl dürfte nach den beiden besprochenen Richtungen hin genügen und nur bei Beständen mit großen Differenzen in den Stärkestufen noch zu vermehren sein.

Ebenso wie beim Verfahren des mittleren Modellstammes, so ist auch hier der berechnete Probestamm aus bekannten Gründen in einer für jede Klasse sich gleichbleibenden Mehrzahl von Exemplaren zu fällen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Richtigkeit der Resultate durch ungenügende Probestammfällung sehr beeinträchtigt wird; unter zwei Stämmen pro Klasse wird man nur ausnahmsweise herunter gehen dürfen, besser ist es deren drei bis fünf (bei schwachen Beständen noch mehr) zu nehmen.

Die genaue Einhaltung der berechneten Durchmesser bei Auswahl der Probestämme ist auch hier nicht erforderlich, man kann vielmehr die Probestämme frei aus den berechneten Gruppen herausnehmen, wenn nur die Summe ihre Grundfläche dem berechneten Soll möglichst nahe kommt.

Theoretische Begründung des Urich'schen Verfahrens.

Wenn die oben für das Draudt'sche Verfahren angewandten Bezeichnungen beibehalten werden, n die Zahl der Stämme einer Gruppe, G_1, G_2, G_3 die Grundflächen der einzelnen Klassen und g_1, g_2, g_3 die Kreisflächensumme der für die einzelnen Klassen ausgewählten Probestämme bedeutet, so ist:

$$M = m_1 n + m_2 n + m_3 n = n\,(m_1 + m_2 + m_3)$$

oder

$$M = \frac{n}{\nu}(m_1\nu + m_2\nu + m_3\nu) \qquad 1)$$

Ferner ist

$$\begin{aligned} G_1 &= \gamma_1 n \quad \text{und} \quad g_1 = \gamma_1 \nu \\ G_2 &= \gamma_2 n \qquad\qquad g_2 = \gamma_2 \nu \\ G_3 &= \gamma_3 n \qquad\qquad g_3 = \gamma_3 \nu. \end{aligned}$$

Verfahren nach Urich. Oberförsterei Wirthy.

Distrikt: 248. Abteilung: b. Holzart: Kiefer.

Der Stämme		Der Gruppen						Des Klassenprobestammes		Der gewählten Probestämme				
Durchmesser in 1,3 m	Anzahl	Nr.	Stärkestufe	Stammzahl im		Kreisflächensumme im	Kreisflächensumme im	Kreisfläche	Durchmesser	Nr.	Durchmesser	Kreisfläche		Berechnete Kreisfläche der Probestämme pro Klasse (γν)
				Einzeln	Ganzen	Einzeln	Ganzen					im Einzeln	pro Klasse	
cm			cm			qm	qm	qm	cm		cm	qm	qm	qm
5	2		5	2		0,004				1	7,6	0,0046		
6	19		6	19		0,054				2	7,3	0,0042		
7	105	I	7	105	268	0,400	1,180	0,0044	7,5	3	7,5	0,0044	0,0219	0,0220
8	136		8	136		0,684				4	7,5	0,0044		
9	178		9	6		0,038				5	7,4	0,0043		
10	210													
11	179									6	9,4	0,0069		
12	152									7	9,4	0,0069		
13	121	II	9	172	269	1,094	1,856	0,0069	9,4	8	9,5	0,0071	0,0345	0,0346
14	71		10	97		0,762				9	9,4	0,0069		
15	62									10	9,3	0,0068		
16	55													

17	13
18	10
19	14
20	8
21	4
22	1
23	2

III	10 11	113 155	268	0,887 1,473	2,360	0,0088	10,6	11 12 13 14 15	10,5 10,7 10,6 10,6 10,5	0,0086 0,0091 0,0088 0,0088 0,0087	0,0440	0,0440
IV	11 12 13	24 152 93	269	0,228 0,719 1,234	3,181	0,0118	12,3	16 17 18 19 20	12,3 12,2 12,3 12,4 12,2	0,0119 0,0118 0,0120 0,0122 0,0117	0,0590	0,0598
V	13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23	28 71 62 55 13 10 14 8 4 1 2	268	0,372 1,093 1,096 1,106 0,295 0,254 0,397 0,251 0,139 0,038 0,083	5,124	0,0191	15,6	21 22 23 24 25	15,6 15,7 15,7 15,6 15,4	0,0191 0,0195 0,0195 0,0192 0,0186	0,0955	0,0959
					Sa: 13,701						Sa: 0,2563	0,2563

Berechnung der Bestandesmasse:

Masse des Probeholzes: { Baummasse: 1,9726 fm; Derbholzmasse: 1,4571 „

Baummasse des Bestandes $= 1{,}9726 \times \frac{13{,}701}{0{,}2563} = 105{,}4$ fm

Derbholzmasse des Bestandes $= 1{,}4571 \times \frac{13{,}701}{0{,}2563} = 77{,}9$ „

Hieraus folgt
$$\frac{G_1}{g_1} = \frac{\gamma_1 n}{\gamma_1 \nu}$$
$$\frac{G_2}{g_2} = \frac{\gamma_2 n}{\gamma_2 \nu}$$
$$\frac{G_3}{g_3} = \frac{\gamma_3 n}{\gamma_3 \nu}$$

Demnach ist $G_1 = g_1\frac{n}{\nu},\ G_2 = g_2\frac{n}{\nu} \ldots\ldots$ 2)

Da $G_1 + G_2 + G_3 = G = \frac{n}{\nu}(g_1 + g_2 + g_3) = \frac{n}{\nu}g$

so folgt $\frac{n}{\nu} = \frac{G}{g}$ 3)

Setzt man $\frac{G}{g}$ für $\frac{n}{\nu}$ in Gleichung 1 ein, so erhält man auch hier:
$$M = (m_1\nu + m_2\nu + m_3\nu)\frac{G}{g}.$$

Für die praktische Anwendung ist es störend, daß das Urich'sche Verfahren das Aufschlagen der Kreisfläche notwendig macht, ehe die Probestämme ausgewählt werden können, was bei der Arbeit im Walde aus verschiedenen Gründen unangenehm ist.

Baur empfiehlt deshalb: Man bilde Stammzahlgruppen nach Urich, unterlasse aber die Berechnung der Kreisflächen für jede Gruppe, sowie jene der Fläche des Modellstammes, sondern wähle vielmehr in jeder Stammgruppe den Probestamm einfach in der Stärkestufe aus, welche am zahlreichsten vertreten ist.

Da aber bei dieser Methode der Probestamm in den schwächsten und stärksten Gruppen, in welchen stets eine größere Zahl von Stärkestufen vereinigt ist, nicht selten in eine offenbar unpassende Stufe fällt, so giebt die von Urich vorgeschlagene Modifikation seines Verfahrens, nach welcher der Taxator die Stärke des Mittelstammes lediglich durch Einschätzung je nach der Verteilung der Stammzahlen auf die Stärkestufen bestimmen soll, noch etwas bessere Resultate.

Ich habe bei wiederholten Versuchen gefunden, daß auf diese Weise die Stärke des Modellstammes bei Durchmesserstufen von 1 cm mindestens bis auf ½ cm genau bestimmt werden kann.

In dieser letztgenannten Form ist das Urich'sche Verfahren für die Anwendung zur Bestandesmassenermittelung nicht nur wegen des

hohen Maßes der Genauigkeit der mit demselben erzielten Resultate, sondern auch wegen seiner Einfachheit sehr zu empfehlen.

Urich hat noch ein zweites Verfahren für die Bestandesaufnahme angegeben, welches ebenfalls auf Proportionalität der Kreisflächen beruht.

Nach diesem soll gleich anfangs die Zahl der Probestämme bestimmt und mit dieser in die Stammzahl des Bestandes dividiert werden. Hierauf werden ohne Trennung der zu einer Durchmesserstufe gehörigen Stämme Gruppen gebildet, welche, soweit möglich, das Einfache oder Vielfache des Quotienten $\frac{\text{Stammzahl des Bestandes}}{\text{Probestammzahl}}$ enthalten. Aus den Kreisflächensummen der so gebildeten Klassen werden durch Multiplikation mit dem konstanten Reduktionsfaktor $\frac{\text{Probestammzahl}}{\text{Bestandesstammzahl}}$ die Kreisflächen für die Probestämme der betr. Klasse berechnet und alsdann, wenn nötig, auf die einzelnen Probestämme verteilt. Dieses zweite Verfahren findet jedoch nur selten Anwendung.

§ 39. Verfahren von Robert Hartig.*)

Gegen die Verfahren von Draudt und Urich läßt sich der (von R. Hartig gemachte) Einwand erheben, daß beide von der Stammzahl und nicht von der Masse ausgehen und infolgedessen, da für die stärkeren, mehr Masse enthaltenden Klassen nicht auch eine größere Anzahl von Probestämmen gefällt wird, den ersteren relativ weniger Sorgfalt zuwenden als den geringeren; sowie daß deshalb auch Abweichungen bei der Auswahl der Probestämme sich dort in Bezug auf die Bestandesmasse bemerkbarer machen als hier.

Diese Fehlerquellen lassen sich vermeiden, wenn beim Draudt'schen und Urich'schen Verfahren so viele Probestämme gefällt werden, daß jedenfalls auch in den stärksten Klassen der erforderliche Grad von Genauigkeit erreicht wird.

Einen anderen Weg hat zu diesem Behufe R. Hartig eingeschlagen, indem er nicht von der Stammzahl, sondern von der Stammgrundfläche, als dem Repräsentanten der Masse, ausgeht, Klassen von gleicher Stammgrundfläche bildet, welche deshalb auch annähernd gleiche Masse haben, und für jede dieser Klassen dann die gleiche Zahl von Probestämmen auswählt.

---

*) R. Hartig, die Rentabilität der Fichtennutzholz- und Buchenbrennholzwirtschaft im Harz und im Wesergebirge, Stuttgart 1868.

B. Hartigs Verfahren. Oberförsterei: Martinlamitz.

Distrikt: Ostkornberg. Abteilung: Hirschbrunnen. Holzart: Fichte.

Der Stämme			Der Gruppen						Der Probestämme			Masse
Durchmesser in 1,3 m über dem Boden	Anzahl	Kreisfläche	Nr.	Stärkestufe	Stammzahl	Stammzahl	Kreisflächensumme im Einzeln	Kreisflächensumme im Ganzen	Nr.	mittlere Kreisfläche	Durchmesser	
cm		qm		cm	im Einzeln	im Ganzen	qm	qm		qm	cm	fm
28	3	0,185		28	3		0,185					
29	1	0,066		29	1		0,066					
30	8	0,565		30	8		0,565					
31	9	0,679		31	9		0,679					
32	6	0,483		32	6		0,483					
33	5	0,428	I	33	5	84	0,428	7,644	1	0,091	34,0	1,24
34	12	1,090		34	12		1,090					
35	11	1,058		35	11		1,058					
36	10	1,018		36	10		1,018					
37	14	1,505		37	14		1,505					
38	14	1,588		38	5		0,567					
39	11	1,314		38	9		1,021					
40	15	1,885		39	11		1,314					
41	10	1,320	II	40	15	61	1,885	7,757	2	0,127	40,2	1,80
42	18	2,494		41	10		1,320					
43	14	2,033		42	16		2,217					
44	17	2,585										
45	16	2,545										

46	10	1,662
47	16	2,776
48	7	1,267
49	5	0,943
50	3	0,589
51	6	1,226
52	7	1,487
53	1	0,221
54	2	0,428
55	5	1,188
56	2	0,493
57	2	0,510
58	4	1,057
59	2	0,547
60	1	0,283
61	1	0,292
62	1	0,302
63	1	0,312
		Sa: 38,424

Kreisflächeninhalt der einzelnen Klassen:

$$\frac{38,424}{5} = 7,685$$

III	42	2	51	0,277	7,722	3	0,152	44,0	2,18
	43	14		2,033					
	44	17		2,585					
	45	16		2,545					
	46	2		0,332					
IV	46	8	43	1,330	7,772	4	0,180	47,0	2,45
	47	16		2,776					
	48	7		1,267					
	49	5		0 943					
	50	3		0,589					
	51	4		0,817					
V	51	2	31	0,409	7,529	5	0,243	55,6	3,60
	52	7		1,487					
	53	1		0,221					
	54	2		0,428					
	55	5		1,188					
	56	2		0,493					
	57	2		0,510					
	58	4		1,057					
	59	2		0,547					
	60	1		0,283					
	61	1		0,292					
	62	1		0,302					
	63	1		0,312					
					Sa: 38,424				

$$M_1 = \frac{7,644}{0,091} \times 1,24 = 104,16 \text{ fm}$$

$$M_2 = \frac{7,757}{0,127} \times 1,80 = 109,93 \text{ "}$$

$$M_3 = \frac{7,772}{0,152} \times 2,18 = 111,47 \text{ fm}$$

$$M_4 = \frac{7,722}{0,180} \times 2,45 = 105,11 \text{ "}$$

$$M_5 = \frac{7,529}{0,243} \times 3,60 = 111,54 \text{ "}$$

Berechnung der Bestandesmasse:

M_1 = 104,16 fm
M_2 = 109,93 "
M_3 = 111,47 "
M_4 = 105,11 "
M_5 = 111,54 "

Sa: 542,21 fm

Durch Division der Bestandeskreisflächensumme mit der Anzahl der zu bildenden Klassen erhält man den auf jede derselben entfallenden Kreisflächenbetrag G; man faßt nun, von den schwächsten Stärkestufen beginnend, so viele Stämme zusammen, bis die denselben entsprechende Kreisfläche ganz oder nahezu gleich G ist. Durch Division von G durch die Anzahl der zugehörigen Stämmen erhält man die mittlere Kreisfläche des für jede Klasse zu fällenden Probestammes.

Theoretische Begründung des Hartig'schen Verfahrens.

Es wird angenommen, daß die Kreisflächensummen der einzelnen Klassen, G_1, G_2, G_3, einander gleich seien.

Die Kreisflächen der Probestämme g_1, g_2, g_3 der einzelnen Klassen sind:

$$\frac{G_1}{n_1} = g_1; \ \frac{G_2}{n_2} = g_2; \ \frac{G_3}{n_3} = g_3$$

Hieraus folgt: $\frac{G_1}{g_1} = n_1; \ \frac{G_2}{g_2} = n_2; \ \frac{G_3}{g_3} = n_3.$

Da $M = m_1 n_1 + m_2 n_2 + m_3 n_3$, so ist, wenn man für n die vorstehenden Ausdrücke einsetzt:

$$M = m_1 \frac{G_1}{g_1} + m_2 \frac{G_2}{g_2} + m_3 \frac{G_3}{g_3}$$

Hier sind $\frac{G_1}{g_1}$, $\frac{G_2}{g_2}$, $\frac{G_3}{g_3}$ einander nicht gleich, eine gemeinschaftliche Aufarbeitung des Probeholzes ist daher nicht statthaft, sondern es müssen die Massen der einzelnen Klassen gesondert berechnet werden.

Aus diesem Grunde, sowie wegen der etwas komplizierten Art der Klassenbildung hat sich dieses Verfahren keinen Eingang in die Praxis zu verschaffen gemocht, obwohl sein Genauigkeitsgrad bei gleicher Probestammzahl aus dem Eingangs angegebenen Grunde größer ist, als jene der Methoden von Draudt und Urich. Besondere Bedeutung besitzt dasselbe daher für wissenschaftliche Untersuchungen, welche aus irgend welchem Grunde auf eine geringe Anzahl von Stämmen beschränkt werden müssen.

§ 40. Über den Genauigkeitsgrad der verschiedenen Probestammverfahren.

Über den Genauigkeitsgrad, welcher sich bei Anwendung der verschiedenen Methoden der Bestandesmassenermittelung mit Hilfe von Probestämmen erreichen läßt, sind von verschiedenen Seiten Untersuchungen angestellt worden, dieselben haben ergeben, daß die größten Abweichungen (bis zu 10 %) bei Anwendung des mittleren Modellstammes vorkommen, während die übrigen Methoden, gleiche Sorgfalt vorausgesetzt, ziemlich übereinstimmende Resultate mit Fehlergrenzen von — 3 bis + 5 % ergeben, und daß in den meisten Fällen die Differenzen gegenüber dem wirklichen Anfalle kleiner sind als ± 2 %. Aus diesen Versuchen kann (nach Ausschluß des mittleren Modellstammes) keine Entscheidung zu Gunsten des einen oder anderen Verfahrens getroffen werden, die bequemere Rechnung und die jeweiligen Verhältnisse, sowie individuelle Vorliebe werden und können hier ausschlaggebend sein.

Bei Vergleichung zwischen den Resultaten des Probestammverfahrens und jenen des Kahlabtriebes muß darauf geachtet werden, daß in beiden Fällen der gleiche Genauigkeitsgrad angewendet wird, was sehr häufig nicht der Fall ist. Bei der Aufarbeitung wird gewöhnlich der Stock höher oder niedriger gemacht, als bei der Messung im Stehen angenommen worden, ferner wird Holz von den Arbeitern verschleppt und verbrannt, die Messung der Stämme erfolgt nicht sektionsweise, sondern lediglich nach dem Mitteldurchmesser, die Längen stimmen nicht genau, der Festgehalt des in Raummaßen aufgeschichteten Holzes wird nach den üblichen, ungenauen Reduktionsfaktoren berechnet u. s. w. Es ist aber höchst ungerechtfertigt, derartige durch die Verhältnisse des Betriebes und der gewöhnlich ungenauen Messung veranlaßten Fehler, der Methode der Bestandesaufnahme im stehenden Zustande zur Last legen zu wollen, wie es leider nicht selten geschieht.

§ 41. Auswahl und Kubierung der Probestämme.

Da das Verfahren der Massenermittelung eines Bestandes mit Hilfe von Probestämmen darauf beruht, daß aus dem Inhalte einiger nach einer der oben besprochenen Methoden bestimmten Probestämme die Masse des ganzen Bestandes zu berechnen, und infolgedessen ein

Schluß vom Kleinen aufs Große gezogen werden muß, so ist es notwendig, bei der Auswahl und Kubierung der Probestämme auf das sorgfältigste zu Werke zu gehen, indem sich sonst hierbei begangene Fehler im Resultat in vielfach vergrößertem Maßstabe wiederfinden.

Bei sämtlichen Methoden zur Bestimmung der Probestämme wird nur deren Durchmesser bezw. Kreisfläche in Brusthöhe ermittelt, während man die beiden übrigen massenbildenden Faktoren, Höhe und Formzahl, als Funktionen des Durchmessers betrachtet und dieselben deshalb als durch letzteren gegeben annimmt.

Wenn nun diese Voraussetzung auch für den Durchschnitt der Stämme zutrifft, so darf doch andrerseits nicht übersehen werden, daß die einzelnen Individuen Abweichungen, und zwar oft recht bedeutende, von dieser fundamentalen Annahme zeigen.

Die Auswahl der Probestämme muß deshalb nicht nur so vorgenommen werden, daß augenfällige Unrichtigkeiten vermieden werden, d. h. daß der Stamm auch die seinem Durchmesser entsprechende Höhe und Form besitzt, sondern es ist auch notwendig, eine Mehrzahl von Probestämmen auszuwählen, um durch den Mittelwert ihrer Massen die bei aller Sorgfalt unvermeidlichen kleinen Abweichungen in der Höhe und Form der einzelnen Individuen auszugleichen.

Wenn es aus irgend einem Grunde unzulässig erscheint, die berechneten Modellstämme in einer Mehrzahl von Exemplaren zu fällen, dann ist es zweckmäßiger, von der Kubierung im liegenden Zustande vollständig abzusehen, und die Masse der Modellstämme im Stehen nach Massentafeln oder Formzahlübersichten zu ermitteln, da auf diese Weise wenigstens Durchschnittswerte erhalten und die natürlichen individuellen Abweichungen umgangen werden. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß die Angaben der Massentafeln und Formzahlübersichten größeren Gebieten entnommen sind und deshalb mit den Wachstumsbedingungen des betreffenden Bestandes nur unvollkommen übereinstimmen, während diese bei der Kubierung einer genügend großen Anzahl von Probestämmen im liegenden Zustand vollständig zum Ausdrucke gelangen.

So vortrefflich aber die Resultate der Probestammverfahren unter dieser Voraussetzung sind, so groß sind die Fehler, welche bei Fällung einer ungenügenden Anzahl von Probestämmen unterlaufen können.

Die Zahl der auszuwählenden Modellstämme hängt ab von dem für die Rechnung zu Grunde gelegten Verfahren, von dem erstrebten Genauigkeitsgrade und von der Größe der aufzunehmenden Bestände.

Je geringer die Zahl der gebildeten Klassen ist, desto kleiner ist im allgemeinen die Zahl der Probestämme und umgekehrt. Wenn aber sehr viele Klassen gebildet werden, und deshalb die Differenzen zwischen denselben nicht sehr bedeutend sind (z. B. beim Draudt'schen Verfahren mit geringen Durchmesserintervallen), kann die Zahl der Probestämme für jede Klasse kleiner sein, als sonst unter gleichen Umständen, weil sich dann die Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Klassen ausgleichen.

Die Genauigkeit wird im allgemeinen mit der Zahl der Probestämme zunehmen, da sich hierdurch umso bessere Durchschnittswerte erzielen lassen, indessen muß aus wirtschaftlichen Gründen, namentlich mit Rücksicht auf die Verwertung, welche bei vielen im ganzen Bestande oder, bei Taxationen, im ganzen Reviere einzeln herumliegenden Probestämmen, besonders im Gebirge, sehr erschwert wird, eine gewisse Beschränkung eintreten. Finden gleichzeitig Aufhiebe von Schneißen oder Weglinien statt, wie es bei Gelegenheit der Forsteinrichtung häufig vorkommt, so bieten diese reiches Material zur Auswahl von Probestämmen. Sonst pflegt die Zahl der Probestämme zwischen 2 und 5 pro Klasse zu schwanken, in jüngeren und daher stammreicheren Beständen nimmt man deren mehr als in älteren. Von der Gesamtstammzahl des ganzen Bestandes wird in älteren Beständen ein höherer Prozentsatz von Probestämmen gefällt als in jüngeren, da sich in letzteren die Fehler bei der Auswahl von Probestämmen am unangenehmsten fühlbar machen.

Je ausgedehnter die Bestände sind, und je größer demnach wegen der wechselnden Standorts- und Bestandesgüte voraussichtlich die Verschiedenheiten in der Form und Höhe bei gleichem Durchmesser sein werden, desto mehr Probestämme müssen ausgewählt werden, um ein richtiges Bild der mittleren Wachstumsverhältnisse zu erhalten. Die Probestämme sind deshalb auch aus verschiedenen Teilen des Bestandes zu entnehmen.

Am bedeutendsten werden derartige Verschiedenheiten innerhalb eines Bestandes im bergigen Terrain, wo Exposition und Höhenlage ungleich

sind. Wenn die erwähnten Verschiedenheiten erheblich werden und flächenweise getrennt auftreten, dann ist es zweckmäßig, die Massenermittelung für die einzelnen Bestandespartien getrennt durchzuführen.

Die Auswahl der Probestämme muß mit großer Sorgfalt und Umsicht geschehen, namentlich wenn nur wenige Stämme gefällt werden sollen. Ihr Durchmesser hat dem berechneten möglichst nahe zu kommen, sie sollen in Meßpunkthöhe nahezu kreisförmig sein und dürfen keine Gabel- oder andere Mißbildung zeigen.

Wenn Gabelbildungen in einem Bestande sehr häufig auftreten, wie es z. B. in manchen Buchenorten der Fall ist, dann können Stämme mit solchen Bildungen auch als Probestämme genommen werden, da diese alsdann dem durchschnittlichen Bestandescharakter entsprechen und es auch oft schwer wäre, ganz tadellose Stämme zu finden.

In der Höhe und Form der Kronenbildung sollen die Probestämme dem mittleren Charakter der Durchmesserklasse oder des Bestandes entsprechen. Randbäume sind wegen der einseitig stärker entwickelten Krone und der damit zusammenhängenden abnormen Form des Querschnittes als Probestämme zu verwerfen.

Sind dieselben von einem gesuchten Durchmesser d nicht vorhanden, so kann man andere von annähernd gleichem Durchmesser d_1 wählen und die Masse des gesuchten Probestammes m aus jener des gefällten m_1, nach dem Verhältnis der zugehörigen Kreisflächen g bez. g_1 berechnen:

$$m : m_1 = g : g_1$$

$$m = \frac{m_1 g}{g_1}$$

Werden die Probestämme für die Zwecke der Massenermittelung gefällt, so ist zur Kubierung derselben ein möglichst genaues Verfahren anzuwenden. Das regelmäßig geformte Schaftholz und stärkere Astholz wird zweckmäßig nach mehreren nicht zu langen Sektionen bestimmt, während das Reisholz sowie das unregelmäßig geformte Ast- und Schaftholz gewogen und dessen Masse entweder nach bekannten Reduktionsfaktoren oder noch besser durch xylometrische Behandlung einer Probe bestimmt wird.

Bei dem Draudt'schen und Urich'schen Verfahren ist es zulässig, die Probestämme gemeinschaftlich nach den üblichen Verkaufs-

maßen aufzuarbeiten. Die Berechnung des Derbgehaltes des in Raummaßen aufgeschichteten Holzes geschieht alsdann unter Benutzung der früher besprochenen Reduktionsfaktoren.

Sollen die Probestämme nicht gefällt werden, dann muß ihre Masse im Stehen nach einer der bereits besprochenen Methoden erhoben werden.

Im allgemeinen setzt man bei dem Probestammverfahren auch voraus, daß die Masse der Probestämme auch im liegenden Zustande ermittelt wird; ist letzteres nicht der Fall, dann geht das Aufnahmeverfahren nach Probestämmen in die in den nächsten Paragraphen zu besprechenden Massenermittelungen unter Anwendung von Formzahlen, Massentafeln und Richthöhen über.

b. Bestandesmassenaufnahme nach Formzahlen und Massentafeln.

Diese Methoden unterscheiden sich ebenso (wie die später noch zu besprechende Aufnahmemethode nach Richthöhen) von den bisher erörterten im Prinzipe nicht, sondern nur dadurch, daß die Masse der Probestämme im Stehen unter Anwendung der bereits bekannten Verfahren mit Hilfe von Formzahlen oder Massentafeln berechnet werden.

Die Probestämme werden hierbei entweder ausgewählt (oder doch wenigstens berechnet) a) als mittlere Modellstämme, b) als Klassenmodellstämme, c) nach den Verfahren von Draudt oder von Urich.

§ 42. Anwendung des Prinzips des mittleren Modellstammes.

a. Wenn das Verfahren des mittleren Modellstammes zu Grunde gelegt wird, so ergiebt sich die Masse bei Anwendung der Formzahlübersichten als das Produkt aus: Bestandeskreisfläche, -Mittelhöhe und Formzahl; unter Benutzung der Massentafeln dagegen als Produkt aus: Stammzahl und der aus den Tafeln entnommenen Masse des mittleren Modellstammes, oder allgemein ausgedrückt ist im ersten Fall:

$$M = GHF$$

und im zweiten:

$$M = n \, . \, gHF$$

Bei Anwendung der Formzahlübersichten bedarf es daher nicht der Ermittelung der Kreisfläche bez. Durchmessers des Mittelstammes, während diese bei Benutzung von Massentafeln in der bekannten Weise berechnet werden.

In beiden Fällen ist aber die Bestandesmittelhöhe H festzustellen, eine Aufgabe, welche deshalb von allgemeinerem Interesse ist, weil dieselbe auch noch bei anderen Gelegenheiten z. B. bei Bonitierung des Bestandes behufs Anwendung von Ertragstafeln gelöst werden muß.

Die mittlere Bestandeshöhe könnte dadurch gefunden werden, daß man mehrere Bäume mit dem Durchmesser des Mittelstammes auswählt, ihre Höhen mißt und aus dem Durchschnitt derselben die gesuchte Höhe berechnet. Dieses Verfahren wird jedoch nicht angewendet, weil es einerseits zu schwerfällig ist und andererseits doch ungenaue Resultate giebt, indem, wie oben bereits erwähnt, die in der gewöhnlichen Weise berechnete Kreisfläche des Mittelstammes unrichtig ist, und damit auch die als eine Funktion derselben zu betrachtende Höhe nicht korrekt gefunden wird.

Vollständig richtig würde sich die Bestandesmittelhöhe in folgender Weise bestimmen lassen:

α. nach Kunze*):

$$H = \sqrt{\frac{h_1^2 n_1 + h_2^2 n_2 + h_3^2 n_3 + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}} \qquad 1)$$

β. nach Ed. Heyer und Lorey**) durch folgende Betrachtung:

$$M = GHF = g_1 h_1 f_1 + g_2 h_2 f_2 + g_3 h_3 f_3 + \dots$$

$$H = \frac{g_1 h_1 f_1 + g_2 h_2 f_2 + g_3 h_3 f_3 + \dots}{GF}$$

$$H = \frac{g_1 h_1 f_1 + g_2 h_2 f_2 + g_3 h_3 f_3 + \dots}{g_1 f_1 + g_2 f_2 + g_3 f_3 + \dots}$$

---

*) Kunze, Anleitung zur Aufnahme des Holzgehaltes der Waldbestände, Berlin 1886, p. 21.

**) Lorey, die mittlere Bestandeshöhe, Allgem. Forst- u. Jagdzeit. 1883, p. 119 und 1878, p. 149.

Diese Formel ist jedoch für den praktischen Gebrauch zu unbequem und man umstellt daher die Gleichheit der Formzahlen, wodurch dieselbe übergeht in:

$$H = \frac{g_1 h_1 + g_2 h_2 + g_3 h_3 + \dots}{g_1 + g_2 + g_3 + \dots} \qquad 2)$$

ein Ausdruck, der gegenwärtig bei wissenschaftlichen Arbeiten, z. B. für die Berechnung der Mittelhöhe bei Ertragsuntersuchungen, häufig angewendet wird, während hierfür früher allgemein die Bestandesmittelhöhe als das Mittel aus den Höhen der Klassenprobestämme bestimmt wurde.

Für die Zwecke der Praxis wird die Höhe einer Anzahl beliebig ausgewählter mittelhoher und mittelstarker Bäume gemessen und das Mittel hieraus als Bestandesmittelhöhe betrachtet. Noch besser wird das Resultat, wenn man die Mittelhöhe auf graphischem Wege, wie bei dem Verfahren b (vergl. § 43) angegeben werden wird, interpoliert.

Behufs Anwendung der Ertragstafeln ist zu berücksichtigen, daß die nach der Formel $\frac{g_1 h_1 + g_2 h_2 + \dots}{g_1 + g_2 + \dots}$ berechnete Mittelhöhe um ca. 0,5 m höher ist als jene, welche mit Berücksichtigung der Höhen sämtlicher Klassen als Mittelwert gefunden wird. Um die hierdurch möglichen Differenzen zu vermeiden, ist es ausreichend, bei Messung an Höhen für die Bestimmung der Mittelhöhe durch Berechnung des arithmetischen Mittels der gemessenen Höhen die niedrigsten Stammklassen außer Betracht zu lassen.

Es wurde z. B. in einem Fall bei Berechnung der Mittelhöhe aus den Probestämmen die nach Urich gebildeten 5 Klassen in der gewöhnlichen Weise gefunden:

$$h = \frac{15{,}9 + 18{,}2 + 19{,}8 + 17{,}5 + 21{,}0}{5} = 18{,}5 \text{ m}$$

Bei Anwendnng der Formel 2 dagegen ergab sich:

$$h_1 = \frac{3{,}467 . 15{,}9 + 4{,}806 . 18{,}2 + 5{,}827 . 19{,}8 + 7{,}168 . 17{,}5 + 9{,}863 . 21{,}0}{5}$$

$$= 18{,}97 \text{ m}$$

Die nach der Formel 2 berechnete Bestandesmittelhöhe entspricht nicht der wirklichen Höhe des mittleren Modellstammes. Wenn nämlich z. B. fünf Klassen gleiche Stammzahl gebildet werden, so fällt der Durchmesser des Mittelstammes zwischen die 3. und 4. Klasse, die mittlere Höhe nach dieser Formel aber

zwischen die 4. und 5. Klasse. Das Mittel aus den Klassenhöhen ist immer etwas zu klein. Bei älteren Beständen, um welche es sich in der Praxis doch vorwiegend handelt, werden die Differenzen zwischen den nach verschiedenen Methoden berechneten Mittelhöhen sehr gering.

Als Formzahlen können entweder die aus den Formzahlübersichten entnommenen oder die sog. Bestandesformzahlen benutzt werden. Erstere sind Durchschnittswerthe aus einer größeren Anzahl von Formzahlbestimmungen an Einzelstämmen, letztere werden aus der Bestandesmasse und Bestandesmittelhöhe berechnet:

Wenn $M = GHF$

so ist $F = \frac{GH}{M}$

Werden die Bestandesmittelhöhen als Durchschnitte der Klassenmittelhöhen berechnet so bestehen zwischen der Einzelformzahl des mittleren Modellstammes und der Bestandesformzahl Verschiedenheiten, welche indessen mit zunehmendem Alter und wachsender Scheitelhöhe kleiner werden. Bei der Berechnung der Bestandesmittelhöhe nach der Formel $H = \frac{g_1h_1 + g_2h_2 + \ldots}{g_1 + g_2 + \ldots}$ nähern sich beide Arten von Formzahlen mehr.

Die Bestandesformzahlen haben den Vorteil, daß sie die Bonität des Bestandes berücksichtigen, indem sie für die gleichen Höhen je nach der Bonität verschieden sind, während diese in den Formzahlübersichten und Massentafeln nicht speziell in Betracht gezogen ist. Indessen werden diese Differenzen in den Höhen von 20 m an aufwärts, für welche die Formzahlen am meisten Anwendung finden, immer kleiner.

So sind z. B. bei der Kiefer*) die Verhältnisse folgendermaßen:

Bei einer Höhe von m	Baumformzahl für die Bonität:			
	I	II	III	IV
10	638	680	600	630
15	524	536	563	571
20	481	487	513	492
25	455	464	460	—

*) Schwappach, Wachstum und Ertrag der Kiefer in der norddeutschen Tiefebene, p. 44.

In der Praxis werden fast ausschließlich die an Einzelstämmen gefundenen Formzahlen und nicht die Bestandesformzahlen angewendet.

Eine Reduktion der mit großer Sorgfalt und aus einer großen Anzahl von Messungen aufgestellten Formzahlübersichten, nach den Ergebnissen einiger weniger örtlichen Messungen, wie es gelegentlich noch bei Taxationen vorkommt, ist auf das entschiedenste zu verwerfen. Man setzt auf diese Weise an die Stelle einer exakten Arbeit etwas vollständig unsicheres und wegen der geringen Anzahl von Messungen auch meist total falsches.

Bei Benützung der Massentafeln wird statt der Formzahl aus den Tafeln sofort das, dem Bestandesalter entsprechende, fertig berechnete Produkt gHF abgelesen. F ist hier stets ein den korrespondierenden Formzahlübersichten entnommener Mittelwert von Messungen an Einzelstämmen.

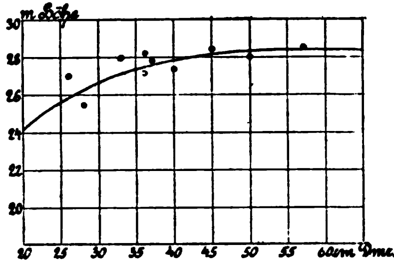
Die Bestandesmassenberechnung selbst erfolgt nach Feststellung der einzelnen massenbildenden Faktoren in der oben angegebenen einfachen Weise.

§ 43. Anwendung der Klassenmittelstämme.

Bei der Bestandesaufnahme nach Klassenmittelstämmen werden die Klassen in der früher angegebenen Weise nach der Auskluppierung des Bestandes gebildet. Hier empfiehlt es sich zur Vereinfachung der Rechnung die Klassen mit den Stärkestufen übereinstimmen zu lassen. Die hieraus entstehende Vermehrung der Probestämme kommt nicht in Betracht, da diese nicht gefällt zu werden brauchen.

Die nächste Arbeit besteht in der Bestimmung der Klassenmittelhöhen. Auch hier wird die Höhenmessung am besten nicht an Stämmen vorgenommen, welche den Mitteldurchmesser der einzelnen Klassen besitzen, sondern man mißt die Höhen einer größeren Anzahl ungleich starker und hoher Stämme aus verschiedenen Bestandespartien, notiert dann die zusammengehörigen Durchmesser und Höhen und ermittelt die durchschnittlichen Höhen der einzelnen Klassen durch Interpolation auf graphischem Wege. Zu diesem Behuf werden die Durchmesser als Abszissen und die zugehörigen Höhen als Ordinaten aufgetragen und dem gebrochenen Linienzug, welcher bei Verbindung der Endpunkte der letzteren entsteht, durch eine freihändig gezogene Mittelkurve zu einer regelmäßigen Reihe ausgeglichen, so daß es mög-

Fig. 21.



lich ist, für jeden beliebigen Durchmesser die korrigierte Höhe abzulesen, wie dieses die zum Zahlenbeispiel gehörige Figur 21 zeigt. Aus den Formzahlübersichten wird alsdann die den letztern entsprechende Formzahl G aus den Massentafeln nach Durchmesser, Höhe und Altersklasse die Masse des Mittelstammes entnommen.

Die Bestandesmasse ist bei Anwendung von Formzahlübersichten:

$$M = G_1H_1f_1 + G_2H_2f_2 + G_3H_3f_3$$

bez. bei Benutzung von Massentafeln:

$$M = n_1(g_1H_1f_1) + n_2(g_2H_2f_2) + n_3(g_3H_3f_3).$$

Beispiel einer Massenberechnung mit Hilfe von Formzahlen und Massentafeln.

Oberförsterei: Ebrach. Distrikt: III. Abteilung: Taubensee.
Holzart: Kiefern.

Durchmesser d cm	Stammzahl n	Kreisfläche G qm	Interpolierte Mittelhöhe H m	Massenberechnung: 1. Nach Formzahlübersichten: Baumformzahl f	GHf fm	2. Nach Massentafeln: Masse des Mittelstammes m fm	Masse der Klasse n.m fm	Ergebnis d. Messungen von Baumhöhen zur Bestimmung d. Klassenmittelhöhen (vgl. Figur 21): Durchmesser cm	Höhe m
20	28	0,880	24,2	0,500	10,65	0,34	9,52	26	27
25	132	6,480	25,5	0,500	82,62	0,56	73,92	28	25,5
30	280	19,792	26,7	0,500	264,23	0,83	232,40	28	25,7
35	420	40,409	27,7	0,490	548,47	1,18	495,60	33	28,0
40	324	40,715	28,0	0,490	558,61	1,54	498,96	36	27,1
45	168	26,719	28,2	0,490	369,20	1,96	329,28	36	28,2
50	88	17,279	28,3	0,490	239,60	2,42	212,96	37	27,8
55	36	8,553	28,3	0,490	118,60	2,93	105,48	40	27,3
60	12	3,393	28,3	0,490	47,05	3,49	41,88	45	28,4
								50	28,0
								57	28,8
Sa:	1488				2239,03		2000,00		

§ 44. Anwendung der Probestammsysteme im engeren Sinne.

In ganz ähnlicher Weise erfolgt die Bestandesmassenermittelung unter Zugrundelegung des Draudt'schen, Urich'schen oder Hartig-schen Verfahrens.

Die Klassenbildung geschieht hier nach den oben bereits besprochenen Methoden, die Mittelhöhe der Probestämme wird, wie in § 43 gezeigt, durch graphische Interpolation bestimmt und alsdann aus den Tafeln entweder die diesen entsprechenden Formzahl oder die zugehörige Baummasse entnommen.

Da die zuletztgenannte Methode eine immerhin etwas umständliche Klassenbildung erfordert, so wird bei Benutzung von Formzahlübersichten und Massentafeln gewöhnlich nur eines der ersten beiden Verfahren angewandt, und lassen sich hierbei in regelmäßigen Beständen Resultate erreichen, welche für die Zwecke der Forsttaxation vollständig genügen und, wie bereits früher bemerkt, besser sind als jene, welche bei Fällung von wenigen Probestämmen erzielt werden.

c. Massenaufnahme nach der Bestandesrichthöhe.

§ 45. Beschreibung des Verfahrens.

Die Massenaufnahme nach der Bestandesrichthöhe unterscheidet sich nach den vorher besprochenen Verfahren nur dadurch, daß die Masse der Probestämme nicht mit Hilfe der Formzahlen, sondern unter Benutzung der von Preßler angegebenen Formel $M = \frac{2}{3}GR$ berechnet wird.

Die Richthöhe wird an mehreren Stämmen, welche den Durchschnitt des Bestandes bez. der Klasse repräsentieren, gemessen und deren Durchschnittswert alsdann in Rechnung gesetzt.

Die Bestandesmasse an Schaftholz ist demnach entsprechend der Methode des mittleren Modellstammes:

$$M = \frac{2}{3}GR$$

oder bei Ausscheidung von Klassen:

$$M = \frac{2}{3}G_1R_1 + \frac{2}{3}G_2R_2 + \dots$$

Die Astmasse soll nach den erfahrungsmäßigen Prozenten hinzugerechnet werden.

Die Methode der Bestandesaufnahme nach der Bestandesrichthöhe wird nur sehr wenig angewandt, da das Verfahren wegen der schwer zu bestimmenden Richthöhe umständlicher und meist weniger genau ist als bei Anwendung der Formzahlen bez. Massentafeln.

2. Verfahren der Holzmassenermittelung für den Fall, daß die Höhe keine Funktion der Stärke ist.

§ 46. Verfahren der Holzmassenermittelung bei Ausscheidung von Höhenklassen.

Wenn in einem Bestande die Grenzen innerhalb welcher bei gleichem Durchmesser die Höhen variiren oder umgekehrt, so weit sind, daß man Bedenken tragen muß, die Stärkeklassen zugleich als Höhenklassen zu betrachten, so ist zu unterscheiden, ob diese Verschiedenheiten räumlich getrennt sind oder in bunter Mischung durcheinander vorkommen.

Ersteres ist der Fall bei einem plötzlichen oder allmählichen Wechsel der Standortsverhältnisse (z. B. Partien mit Thonunterlage bei sonst durchlassendem Boden oder Berghänge, welche nach oben flachgrundiger und trockener werden, Bestände an Gehängen mit verschiedenen Expositionen u. s. w.). Unter solchen Verhältnissen zerlegt man den Bestand wenigstens für die Zwecke der Massenermittelung in Unterabteilungen, innerhalb deren die Höhe als eine Funktion der Stärke betrachtet werden kann, und führt die Aufnahme für jede derselben gesondert durch.

Der zweite Fall ist im ganzen sehr selten, er findet sich u. a. in unregelmäßigen Plänterwaldungen oder in Übergangsbeständen aus dem Mittelwald in Hochwald u. s. w.

Hier ist es notwendig, bei der Kluppierung des Bestandes in der oben (S. 61) angegebenen Weise auch noch gleichzeitig Höhenklassen auszuscheiden, wodurch gleichzeitig auch die Baumformen in engere Grenzen gebracht werden. Jede Höhenklasse wird dann als ein besonderer Bestand behandelt. Bei Anwendung des Draudt'schen oder Urich'schen Verfahrens ist hier ebenfalls eine gemeinsame Aufarbeitung des Probeholzes statthaft, wenn in jeder Höhenklasse der gleiche Prozentsatz von Probestämmen gefällt worden ist.

Man könnte auch für den ganzen Bestand einen mittleren Modellstamm berechnen, welcher nicht nur die mittlere Kreisfläche, sondern auch die mittlere Höhe besitzt. Es muß aber hierbei angenommen werden, daß die Formzahlen der verschiedenen Höhenklassen einander gleich seien, eine Voraussetzung, welche im vorliegenden Falle niemals zutrifft, infolgedessen ist dieses Verfahren so ungenau, daß dasselbe nicht näher erörtert zu werden braucht.

3. Holzmassenermittelung nach Probeflächen.

§ 47. Voraussetzungen für die Anwendung von Probeflächen.

Es ist nicht für alle Aufgaben notwendig, die Masse ganzer Bestände direkt aufzunehmen, sondern es genügt unter verschiedenen Voraussetzungen, den Holzmassengehalt eines Teiles derselben, des sogenannten Probebestandes, aufzunehmen, um aus diesem weitere Schlüsse ziehen zu können. Die dem Probebestande zu Grunde liegende Fläche heißt Probefläche.

Die Ausdrücke „Probefläche" und „Probebestand" werden indessen gewöhnlich als synonym gebraucht.

Probebestände werden zu zwei verschiedenen Zwecken aufgenommen, nämlich teils für die Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen, teils bei den taxatorischen Arbeiten.

Erstere erfordern einerseits einen solchen Aufwand an Arbeit, daß es nicht möglich ist, große Flächen in dieser Weise zu behandeln, andrerseits setzen verschiedene Untersuchungen eine derartige Regelmäßigkeit und Gleichartigkeit der Bestände voraus, wie sie im großen niemals zu finden ist. Man beschränkt sich deshalb hierbei auf kleinere Flächen.

Die Gesichtspunkte, nach welchen Probeflächen für wissenschaftliche Untersuchungen auszuwählen sind, hängen von dem speziellen Zwecke dieser Arbeiten ab und kommen deshalb hier nicht weiter in Betracht.

Bei taxatorischen Arbeiten werden Probeflächen angewendet, um die speziellen Massenaufnahmen einzuschränken und auf diese Weise an Arbeit zu sparen. Man betrachtet hierbei die Probeflächen als ein Modell des ganzen Bestandes und schließt von ihrem Massengehalt auf jenen des letzteren.

Die Arbeitsminderung wird hauptsächlich dadurch veranlaßt, daß die Ermittelung der Kreisfläche nicht für den ganzen Bestand, sondern nur für die Probefläche vorgenommen zu werden braucht; bezüglich

der Bestimmung der beiden übrigen massenbildenden Faktoren, Höhe und Formzahl, ergiebt sich keine bedeutende Ersparnis.

Bei Anwendung von Probeflächen zur Bestandesmassenermittelung ist daher zu berücksichtigen, daß die Kreisfläche jener Faktor ist, der sich für den ganzen Bestand relativ mit der größten Genauigkeit feststellen läßt, während dieses für Höhe und Formzahl immer nur annähernd der Fall ist.

Probeflächen erscheinen demnach nur dann zulässig, wenn die Bestände so gleichmäßig sind, daß durch Beschränkung der Kreisflächenaufnahme der erstrebte Genauigkeitsgrad der Arbeit nicht leidet, und wenn es möglich ist, auf der Probefläche die mittlere Höhe und Formzahl des Bestandes zu bestimmen.

Diese Voraussetzungen treffen hauptsächlich in regelmäßig begründeten jüngeren und mittelalten Beständen zu, während alte, ungleichmäßige Bestände (Plänterwald, Licht- und Abtriebsschläge, Oberholz des Mittelwaldes), sowie solche, in welchen die Bonität mehrfach wechselt, sich hierzu nicht eignen.

Die Aufnahme nach Probeflächen ist ferner da am Platze, wo die spezielle Massenaufnahme des ganzen Bestandes mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist, und das Holz noch einen verhältnismäßig geringen Wert besitzt, wie es z. B. im Hochgebirge häufig der Fall ist, wo ein hoher Genauigkeitsgrad auch aus dem Grunde nicht notwendig erscheint, weil doch ein nicht unbedeutender Prozentsatz der Masse bei der Bringung verloren geht.

In jenen Fällen dagegen, in welchen die Massenaufnahme auch zur Wertsbestimmung des Bestandes benutzt werden soll, wird man, wenigstens in allen älteren Beständen, die Aufnahme auf den ganzen Bestand ausdehnen.

Schließlich ist noch zu berücksichtigen, ob durch die Anwendung der Probeflächen eine solche Ersparung von Zeit bez. Geld erzielt wird, daß der doch immerhin etwas geringe Genauigkeitsgrad dafür in Kauf genommen werden darf.

Wie oben bemerkt, liegt der Hauptvorzug der Aufnahme nach Probeflächen in der Einschränkung der Kluppierungsarbeit. Wie früher angegeben, können von einem Taxator mit zwei Gehilfen pro Tag ca. 6—8000 Stämme, also 10—20 ha gekluppt werden. Wenn man

andrerseits erwägt, daß die Auswahl der Probefläche und das Abstecken derselben einen nicht unerheblichen Zeitaufwand in Anspruch nimmt, so wird man kleinere Bestände von nur wenigen ha Größe stets in ihrer ganzen Ausdehnung aufnehmen.

In Berücksichtigung der oben erörterten Verhältnisse wird jetzt wenigstens in Deutschland bei taxatorischen Arbeiten in der Ebene und im Mittelgebirge vorwiegend die spezielle Massenaufnahme des ganzen Bestandes angewandt, und werden die Probeflächen nur in ganz jungen Beständen (Niederwaldschlägen) oder in sehr schwierigen Terrainverhältnissen (Hochgebirge) noch benutzt.

§ 48. Auswahl, Absteckung und Aufnahme von Probeflächen.

Da die Probeflächen ein Modell des ganzen Bestandes darstellen sollen, so müssen sie an jenen Stellen ausgewählt werden, wo der Durchschnitt aller Verhältnisse vertreten ist. Wenn die Standortsgüte im ganzen Bestande die gleiche ist, so kommt es nur darauf an, daß der mittlere Bestockungsgrad in der Probefläche vertreten ist. Probeflächen dürfen ferner niemals an die Bestandesränder gelegt werden, weil hier die Entwickelung der Stämme eine andere ist, als im Innern. In sehr großen Beständen werden zweckmäßig mehrere Probeflächen angelegt und der Durchschnitt derselben der Massenberechnung zu Grunde gelegt.

Wenn mehrere Bonitäten in einem Bestand vertreten sind, so müssen dieselben als gesonderte Bestände behandelt werden. Das ältere Verfahren, die Probeflächen in Form eines Streifens durch sämtliche Bonitäten hindurch zu legen, giebt schlechte Resultate, weil es nicht möglich ist, dieselben in der Probefläche nach Verhältnis ihrer Ausdehnung vertreten zu lassen. Auch dann, wenn die Bonitäten allmählich ineinander übergehen, wie an Berghängen, ist eine Ausscheidung für die Zwecke der Massenermittlung vorzunehmen, sobald die Unterschiede in der Bestandesgüte sehr bedeutend sind. In diesem Falle wird der Bestand nach dem Verlauf der Horizontalkurven in mehrere Abteilungen zerlegt und für jede derselben eine Probefläche aufgenommen.

Die Probefläche soll so groß sein, daß auf ihr die Stammklassen in demselben Maße vorkommen, wie im ganzen Bestand. Je

dichter und gleichmäßiger die Bestockung, desto kleiner kann die Probefläche sein. Dieselben müssen in älteren Beständen größer genommen werden als in jüngeren, ebenso in licht bestandenen größer als in dichten Beständen; sehr kleine Probeflächen liefern auch deshalb ein ungenaues Ergebnis, weil bei ihnen zu viele Stämme in die Umfassungslinie fallen.

Zwischen der Größe des ganzen Bestandes und jener der Probefläche soll ein gewisses Verhältnis bestehen, und dieses in haubaren Beständen nur ausnahmsweise unter 5% des Ganzen herabgehen. Als Minimalgröße dürften 0,1 ha in ganz jungen, 0,5 ha in mittleren und 0,75 ha in haubaren Beständen zu betrachten sein.

Als Form der Probefläche wird eine Figur gewählt, bei welcher der Umfang im Verhältnis zum Inhalt möglichst gering ist, weil alsdann möglichst wenig Stämme auf die Umfassungslinien fallen. Im Wald kann aus nahe liegenden Gründen deshalb nur das Quadrat oder ein diesem möglichst nahe kommendes Rechteck angewendet werden. Das Abstecken der Probeflächen geschieht mittels der Kreuzscheibe oder des Winkelspiegels und eines guten Meßbandes. Die Eckpunkte der Fläche werden bei der Aufnahme durch Signalstangen markirt und die Grenzen an den außerhalb stehenden Bäumen durch Anplätten oder mittels Kreide in der Richtung gegen die Probefläche bezeichnet.

Soll die Probefläche länger beobachtet werden, z. B. als Vergleichsfläche für andere Aufnahmen, so müssen an den Eckpunkten starke Pflöcke eingeschlagen werden. Handelt es sich um solche Probeflächen, welche wiederholt nach Verlauf längerer Zeit aufgenommen werden sollen (Versuchsflächen), so muß die Bezeichnung der Grenzen noch dauerhafter sein. Die Eckpunkte werden alsdann wenn möglich versteint oder durch Grenzhügel kenntlich gemacht, und die Grenzlinien durch Zwischengräben markiert.

Die Ermittelung der Massen auf den Probeflächen erfolgt nach einem der früher besprochenen Verfahren. Da es sich hier um einen Schluß vom kleinen ins große handelt, so wird man eine möglichst genaue Methode, am besten jene von Draudt, Urich oder Hartig mit Fällung von Probestämmen anwenden. Wenn die Probefläche wiederholt aufgenommen werden soll, dürfen die Probestämme natürlich nicht aus dieser selbst, sondern müssen aus ihrer Umgebung entnommen werden.

Da die Massenaufnahme nach Probestämmen bei ganz jungen Beständen (namentlich in Niederwaldschlägen) nur sehr schwierig ausführbar ist, wendet man bei diesen gewöhnlich die Methode des Kahlabtriebes an, d. h. eine kleine Fläche von 5—10 a wird vollständig abgetrieben und die darauf stockende Masse in der bekannten Weise durch Wägung in Verbindung mit probeweiser Wasserkubirung ermittelt.

Bisweilen bieten die bei den forsttaxatorischen Arbeiten vorkommenden Aufhiebe an Gestellen und Wegen Gelegenheit, die Masse von Probeflächen auch in älteren Beständen mittels Kahlabtriebes (hier natürlich durch Aufarbeitung nach den Verkaufsmaßen oder der Kubirung der einzelnen Stämme) zu ermitteln. Es ist aber darauf zu achten, daß hier nur Holz in Betracht kommt, welches wirklich auf der betr. Fläche stockte, und daß der Flächeninhalt richtig bestimmt wird. Erfahrungsgemäß werden gerade in letzterer Richtung häufig recht erhebliche Fehler gemacht.

Nach der Proportion:

$$m : M = f : F$$

ist die Bestandesmasse

$$M = m\frac{F}{f}$$

wobei f die Größe der Probefläche, m die Masse des auf ihr stockenden Bestandes, F die Flächengröße des ganzen Bestandes und f jene der Probefläche bedeutet.

Man hat auch vorgeschlagen, die Bestandesmasse statt aus den Flächen F und f, aus den korrespondierenden Stammzahlen Z und z zu berechnen, namentlich dann, wenn die Größe des Bestandes nicht bekannt ist.

In diesem Fall ist:

$$m : M = z : Z$$

und

$$M = m\frac{Z}{z}.$$

Das sorgfältige Auszählen der Bäume des Bestandes nimmt jedoch nahezu ebensoviel Zeit hinweg, als das ungleich genauere Kluppieren, weshalb dieses Verfahren jetzt wohl nirgends mehr angewendet wird.

V. Abschnitt.

Ermittelung des Alters.

§ 49. Einleitung.

Für viele Fragen der Praxis und Wissenschaft ist es von Wichtigkeit, eine Relation zwischen der Holzmasse und dem Zeitraum aufzustellen, innerhalb welcher erstere erzeugt worden ist oder erzeugt werden kann. Die Ermittlung dieses Zeitraumes bildet ebenfalls eine Aufgabe der Holzmeßkunde. Dieselbe wird gelöst durch die Lehre von der Bestimmung des Alters der Bäume und Bestände, welche gleichzeitig auch zeigt, in welcher Weise die Länge eines beliebigen Zeitraumes der bereits zurückgelegten Lebensperiode gemessen werden kann.

I. Ermittelung des Alters einzelner Bäume.

§ 50. Altersbestimmung am stehenden Stamm.

Unsere Holzgewächse nehmen während jeder Vegetationsperiode an Höhe, Stärke und damit auch an Masse zu. Der Beginn bez. der Abschluß der Vegetationsthätigkeit in den einzelnen Jahren markiert sich auf dem Querschnitt durch die Grenzen des Jahresringes, welche dadurch, allerdings bei den einzelnen Holzarten ungleich stark, sichtbar werden, daß die weiteren Zellen des Frühjahrholzes sich unmittelbar an die engeren des vorhergehenden Herbstholzes anschließen. Außerdem setzen mehrere Nadelhölzer, namentlich verschiedene Kiefernarten, weniger deutlich die Fichten und Tannen (dagegen gar nicht die Lärche) nur am Grund des Jahrestriebes einen Astquirl an, so daß hier die Zahl der Vegetationsperioden bis zu einem gewissen Grad auch äußerlich kennbar wird.

Auf diese beiden anatomischen Eigenschaften gründen sich fast sämtliche Methoden der Altersbestimmung der Bäume.

α. Gutachtliche Schätzung. Da die Dimensionen der Waldbäume durch die Vegetationsthätigkeit alljährlich vergrößert werden, so kann man annehmen, daß unter sonst gleichen Umständen der höhere und stärkere Baum auch der ältere sein dürfte. Bei genügender Übung kann man sich einen annähernden Maßstab für Größenverhältnisse der

verschiedenen Baumarten in den einzelnen Altersstufen unter bestimmten Wachstumsbedingungen aneignen, so daß es möglich ist, hiernach das Alter eines Baumes innerhalb nicht allzuweiter Grenzen (10—20 Jahre) gutachtlich zu schätzen. Für sehr alte Bäume, bei denen die Zunahme an Höhe und Stärke absolut und noch mehr relativ nur gering ist, werden die Resultate stets sehr ungenau.

Da die Entwickelung der Bäume, abgesehen von der Holzart, durch die Standortsverhältnisse, sowie durch wirtschaftliche Maßregeln außerordentlich verschiedenartig gestaltet wird, und es nicht möglich ist, sämtliche influierende Momente vollständig in Betracht zu ziehen, wenn man nicht mit den örtlichen Verhältnissen genau bekannt ist, so wird die Bestimmung des Alters durch Schätzung immerhin nur einen geringen, für die meisten Zwecke ungenügenden Grad von Genauigkeit besitzen.

β. Altersbestimmung nach der Zahl der Astquirle. Bei jenen Holzarten, welche regelmäßige Astquirle ansetzen, läßt sich deren Zahl, soweit die Äste noch vorhanden sind und von unten deutlich übersehen werden können, sehr gut zur Bestimmung des Alters des betreffenden Baumteiles (bei jungen Stämmen jenes des ganzen Baumes) benutzen. Wenn die Äste bereits abgefallen sind, bieten die bei der Überwallung entstehenden Astwülste noch längere Zeit gute Anhaltspunkte für die Altersbestimmung. Sind auch diese nicht mehr erkennbar, so kann man zu der von der Spitze nach abwärts zu ermittelten Zahl von Jahrestrieben noch gutachtlich soviel Jahre hinzuzählen, als der Baum gebraucht haben dürfte, um die Höhe zu erreichen, bis zu welcher die Zählung der Jahrestriebe möglich war.

γ. Altersbestimmung nach aktenmäßiger Überlieferung. Die bei der forstwirtschaftlichen Buchführung gemachten Notizen über den Zeitpunkt der Begründung eines Bestandes bieten für das Alter des einzelnen Individuums keinen vollständig sicheren Anhaltspunkt, da dasselbe sowohl erheblich älter (Vorwuchs, Überhälter) als auch nicht unbeträchtlich jünger (Nachbesserungen) sein kann als nach den Angaben über das Jahr der Kultur anzunehmen ist.

δ. Altersbestimmung mit Hilfe des Preßler'schen Zuwachsbohrers. Mittels dieses bereits im 1. Abschnitte besprochenen

Instrumentes ist es möglich, cylindrische Späne von 7—15 cm Länge aus dem Holzkörper herauszubohren. Bei Stämmen, welche nicht stärker sind als 15 bez. 30 cm, kann man daher einen bis zum Kern reichenden Span erhalten, an diesem die Zahl der Jahresringe ablesen und braucht dann nur noch soviele Jahre hinzuzählen, als die Pflanze mutmaßlich bis zur Erreichung der Bohrhöhe benötigte.

Wenn es nicht möglich ist bis zum Kern zu bohren, so kann man zu der am Spane ermittelten Anzahl von Jahresringen gutachtlich noch soviele addieren, als auf dem fehlenden Stücke bis zur Stammmitte vermutlich noch enthalten sein dürften. Hierbei ist jedoch auf die Zunahme der Jahrringsbreite in der Stammmitte Rücksicht zu nehmen.

Wegen der meist exzentrischen Lage der Markröhre ist es häufig schwer einen bis zu dieser reichenden Span zu erhalten. Das Schätzen der fehlenden Jahresringe ist mißlich und führt namentlich dann leicht zu falschen Resultaten, wenn nicht genau in radialer Richtung gebohrt worden war.

§ 51. Altersbestimmungen am liegenden Stamme.

Das Zählen der Jahresringe am Stockabschnitte ist unter allen Umständen die beste Methode, das Alter eines Baumes zu bestimmen, doch ist dasselbe nicht immer leicht und können hierbei aus verschiedenen Ursachen Fehler unterlaufen.

Am einfachsten ist dasselbe bei den ringporigen Laubhölzern, sowie bei jenen Nadelhölzern, welche ein dunkel gefärbtes Herbstholz besitzen. Bei den zerstreutporigen Hölzern lassen sich die Jahresringe schwerer unterscheiden, namentlich wenn in denselben noch „Scheinringe“ vorkommen, wie bei Hainbuche und Erle. Die Scheinringe reichen zwar nicht um die ganze Peripherie, erschweren aber doch unter Umständen die Arbeit ganz gewaltig, weil sie häufig von den eigentlichen Herbstholzschichten kaum zu unterscheiden sind und das Verfolgen ihres Verlaufes sehr mühsam ist. Bei unterdrückten Stämmen ist bisweilen der Jahresring nicht in der ganzen Peripherie gleichmäßig ausgebildet und muß man daher hier an verschiedenen Radien die Zahl der Jahresringe bestimmen und das Maximum der Altersbestimmung zu Grunde legen.

Wo die Zählung der Jahresringe nicht ohne weiteres möglich ist, bieten Glätten, eventuell sogar Polieren des Abschnittes, ferner schräge Schnitte, um größere Flächen zu gewinnen, sowie die Lupe die nötige Unterstützung. Die sonst soviel empfohlenen Färbemittel, wie Dammerde, Indigolösung, Tinte, Berliner Blau u. s. w. versagen nach meiner umfangreichen Erfahrung in wirklich schwierigen Fällen stets den Dienst, weil eben hier die Zellen zu klein sind, um diese fein verteilten Stoffe in genügender Menge aufnehmen zu können; in leichteren Fällen sind sie ohnehin nicht nötig.

Wenn man die Jahresringe lediglich für die Zwecke der Altersbestimmung zählt, so sucht man natürlich die Stellen aus, wo die Ringe am breitesten sind und wechselt hierbei nach Bedarf den Radius. Um Irrungen zu vermeiden, markiert man je zehn abgezählte Ringe durch einen Bleistiftstrich.

Durch die Zählung der Jahresringe an irgend einem Stammabschnitte erhält man stets die Zahl der Jahre, welche der Baum gebraucht hat, um den oberhalb des Abschnittes gelegenen Teil zu bauen.

Werden die Jahresringe vom Stammabschnitte gezählt, so muß man daher, um das ganze Alter des Baumes zu erhalten, noch so viele Jahre hinzurechnen, als die Pflanze gebraucht hat, um die Stockhöhe zu erreichen.

Da hierbei immer noch Fehler möglich sind, so hat Karl folgende Methode zur genauen Altersbestimmung empfohlen:

Man lasse den Stock des Baumes auf die Abhiebsfläche stellen und von oben herunter so spalten, daß, wenn möglich, die Markröhre der jungen Pflanze in die Spaltfläche des einen oder anderen Stückes zu liegen kommt. Indessen ist ein genaues Zusammentreffen der Markröhre nicht unbedingt notwendig, sondern es genügt schon eine Annäherung hieran. Hierauf wird mit einem schneidenden Instrumente (Hohleisen, Reißhaken) von der Abschnittsfläche des Stockes gegen den Wurzelknoten hin, so viel Holz weggehauen oder weggestoßen, daß die dadurch schief durchschnittenen Jahresringe leicht gezählt werden können.

Stämme, welche in früher Jugend längere Zeit im Druck gestanden haben, wie z. B. Tannen bei natürlicher Verjüngung, zeigen auf dem Stockabschnitte im Innern eine Zone äußerst enger Jahresringe, welche der Periode der Überschirmung entstammen; nach ausreichender Freistellung werden dieselben fast plötzlich breiter und zeigen

von da ab eine normale Entwickelung. Durch das Zählen der Jahresringe in der angegebenen Weise erhält man das wirkliche oder physische Alter solcher Bäume, dieses darf jedoch nicht für alle Zwecke, namentlich bei der Altersbestimmung der betr. Bestände, voll in Rechnung gesetzt werden, weil sich hierdurch bedenkliche Ungleichheiten gegenüber solchen Beständen und auch einzelnen Stämmen ergeben würden, welche nicht von Überschirmung gelitten haben. Man unterscheidet deshalb bei solchen Stämmen neben dem physischen Alter noch das wirtschaftliche Alter (Wachstumszeit). Letzteres erhält man, indem statt der Jahre, welche der Stamm im Druck zugebracht hat, jener Zeitraum in Rechnung gezogen wird, welchen die Pflanze im freien Stande gebraucht hätte, um dieselbe Höhe und Stärke zu erreichen, welche sie zur Zeit der Freistellung hatte.

II. Ermittelung des Alters ganzer Bestände.

§ 52. Bestimmung des Alters gleichaltriger Bestände.

Kann man annehmen, daß die Bestände gleichaltrig sind, was nur für Ausschlagswaldungen und innerhalb gewisser Grenzen bei künstlich begründeten Beständen, wenn die Kultur gut gelungen ist, seltener dagegen bei natürlich erzeugten Beständen (schöne Buchenverjüngungen aus reichen Mastjahren!) zutrifft, so genügt die Fällung eines einzigen oder doch weniger Stämme und die Zählung der Jahresringe, um das Alter zu bestimmen. Selbstverständlich hat man hierbei sehr starke Exemplare (Vorwüchse und Überhälter), ebenso wie auffallend schwache (Nachbesserungen) zu vermeiden.

Man wird übrigens in Beständen, welche der obigen Voraussetzung entsprechen, niemals bei der Zählung der Jahresringe genau das gleiche Alter, sondern stets Schwankungen von zwei bis drei Jahren neben einzelnen auffallend abweichenden Individuen finden. Es kommt dieses daher, daß die Entwickelung der Pflanzungen und Saaten keine mathematisch gleichmäßige ist, sondern stets einzelne Pflanzen rascher in die Höhe gehen als andere, und folglich die Zahl der Jahresringe in Stockhöhe ungleich wird, außerdem sind auch in den gelungensten Kulturen Nachbesserungen nötig, und bei verschiedenen Holzarten werden auch die guten Vorwüchse belassen. In solchen

Fällen wird das Alter praktisch in der Weise bestimmt, daß man die einzelnen abnormen Individuen außer Acht läßt und das Mittel aus den übrigen Zählungen als Alter des Bestandes betrachtet.

Bei den künstlich begründeten Beständen, sowie bei den Ausschlagswaldungen bieten übrigens auch die Akten, sowie bei jüngeren Beständen die Angaben der Forstbeamten und Holzhauer brauchbare Anhaltspunkte für die Altersbestimmung.

§ 53. Bestimmung des Alters ungleichaltriger Bestände.

Aus vorstehendem ergiebt sich, daß Gleichaltrigkeit im strengsten Sinne auch bei jenen Beständen nur im beschränkten Maße vorhanden ist, welche in der Praxis als gleichaltrig bezeichnet und behandelt werden.

Bei einem großen Theil der Bestände sind aber die Differenzen zwischen dem Alter der verschiedenen Stämme noch bedeutender, als oben angegeben wurde, so daß es unzulässig erscheint, dieselben vollständig zu vernachlässigen, und das an einem oder an wenigen Stämmen ermittelte Alter ohne weiteres als jenes des ganzen Bestandes zu betrachten. Der Grad der Altersverschiedenheit ist natürlich sehr wechselnd, je nachdem es sich um einen unregelmäßigen Plänterbestand oder um eine gut gelungene Verjüngung des Femelschlagbetriebes handelt.

Als das mittlere Alter eines ungleichaltrigen Bestandes bezeichnet man gewöhnlich jenen Zeitraum, welchen ein gleichaltriger Bestand unter den gleichen Verhältnissen gebraucht haben würde, um dieselbe Holzmasse zu erzeugen, welche der ungleichaltrige Bestand gegenwärtig besitzt.

Da in den Ertragstafeln die den einzelnen Altersstufen entsprechenden Massen gleichaltriger Bestände angegeben sind, so müßte man auf Grund vorstehender Definition mit ihrer Hilfe leicht das mittlere Alter eines ungleichaltrigen Bestandes bestimmen können, wenn dessen Masse bekannt ist.

Um aber die Ertragstafeln anwenden zu können, wäre auch noch die Kenntnis der Bonität des ungleichaltrigen Bestandes erforderlich, welche nach den später folgenden Erörterungen durch die einem bestimmten Alter entsprechende Masse bez. Mittelhöhe charakterisiert wird. Da es aber unmöglich ist, aus der einen als bekannt an-

genommenen Größe „Masse" die beiden Unbekannten: Alter und Bonität festzustellen, so muß letztere geschätzt werden, wodurch dieses Verfahren seine Sicherheit und Anwendbarkeit verliert.

Infolgedessen werden Ertragstafeln wohl niemals zur Lösung dieser Aufgabe benutzt, dieselbe wird vielmehr stets auf rechnerischem Wege gefunden.

Smalian (1840) und Carl Heyer (1841) haben zu diesem Zweck vorgeschlagen, das sog. mittlere Massenalter zu berechnen.

Der Durchschnittszuwachs Z eines Bestandes ist nämlich gleich der Masse geteilt durch das Alter derselben:

$$Z = \frac{M}{A}$$

folglich ist auch

$$A = \frac{M}{Z} \qquad 1)$$

Nimmt man an, daß ein ungleichaltriger Bestand aus drei getrennten Altersklassen besteht, so sind die betr. Durchschnittszuwachse:

$$Z_1 = \frac{m_1}{a_1};\ Z_2 = \frac{m_2}{a_2};\ Z_3 = \frac{m_3}{a_3} \ldots$$

Bezeichnet Z den gesamten Durchschnittszuwachs des ungleichaltrigen Bestandes, und ist derselbe eben sogroß als die Summe der Durchschnittszuwachse der einzelnen Altersklassen, also:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 \ldots$$

so erhält man hieraus und aus der oben gemachten Voraussetzung, daß der ungleichaltrige Bestand dieselbe Masse haben soll, wie der korrespondierende gleichaltrige, in einfacher Weise das Alter des ersteren, indem man für den Durchschnittszuwachs Z die Quotienten aus den entsprechenden Massen und Altern einsetzt:

$$\frac{M}{A} = \frac{m_1}{a_1} + \frac{m_2}{a_2} + \frac{m_3 + \ldots}{a_3 + \ldots}$$

und demnach

$$A = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \ldots}{\frac{m_1}{a_1} + \frac{m_2}{a_2} + \frac{m_3}{a_3} + \ldots} \qquad 2)$$

Man findet also hiernach das mittlere Alter eines ungleichaltrigen Bestandes, wenn man die Masse desselben, durch die Summe der Durchschnittszuwachse seiner Altersklassen dividiert.

Da die Masse eines Bestandes auch als das Produkt aus Fläche in Alter und Durchschnittszuwachs pro ha betrachtet werden kann, so läßt sich obige Formel nach Gustav Heyer wie folgt schreiben:

$$A = \frac{f_1 z_1 a_1 + f_2 z_2 a_2 + f_3 z_3 a_3}{\frac{f_1 z_1 a_1}{a_1} + \frac{f_2 z_2 a_2}{a_2} + \frac{f_3 z_3 a_3}{a_3}} = \frac{f_1 z_1 a_1 + f_2 z_2 a_2 + f_3 z_3 a_3}{f_1 z_1 + f_2 z_2 + f_3 z_3} \qquad 3)$$

Nimmt man an, daß $Z = Z_1 = Z_2 = Z_1 \ldots$, so geht Formel 3 über in den von Gümbel 1841 angegebenen Ausdruck:

$$A = \frac{f_1 a_1 + f_2 a_2 + f_3 a_3 + \ldots}{f_1 + f_2 + f_3 + \ldots}$$

Diese Voraussetzung trifft jedoch nur zu, wenn die Altersdifferenzen nicht bedeutend sind, und die Alter selbst dem Zeitpunkt des größten Durchschnittszuwachses nahe stehen, da sich z in dieser Periode wenig ändert.

Mit den Formeln 2 und 3 erhält man recht gute Resultate, letztere eignet sich jedoch nur dann zur Anwendung, wenn die Altersklassen flächenweise getrennt vorkommen, während erstere auch bei beliebiger Mischung derselben anwendbar ist. Die Massenermittelung muß in diesem Fall so ausgeführt werden, daß man die Masse der einzelnen für die Rechnung zu Grunde gelegten Stärkeklassen (ev. Höhen- und Stärkeklassen) gesondert erhält. Man nimmt alsdann an, daß die stärkeren und höheren Klassen gleichzeitig auch die älteren sind, was nach allen bisherigen Untersuchungen in der großen Mehrzahl der Fälle auch zutrifft.

Die beiden Formeln von Carl und Gustav Heyer eignen sich trotz ihrer Richtigkeit deshalb wenig für den praktischen Gebrauch, weil sie die Kenntnis der Massen und die Formel 3 auch jene der betreffenden Flächen voraussetzt, wodurch das ganze Verfahren sehr umständlich wird. Man bestimmt deshalb nicht nur für die taxatorischen Arbeiten, sondern auch für die meisten wissenschaftlichen Untersuchungen das mittlere Bestandesalter aus dem Mittel der an den Probestämmen festgestellten Alter.

Nach speziellen Ermittelungen der sächsischen*) und württem-

*) Kunze, Beiträge zur Kenntnis des Ertrages der Fichte, Suppl. z. Thar. Jahrb. III. Bd. H. 1. S. 19.

bergischen*) Versuchsanstalten geben diese Resultate bei Benutzung einer größeren Anzahl von Probestämmen gegenüber dem richtigen mittleren Massenalter nur sehr geringe Unterschiede.

Wie Guttenberg**) nachgewiesen hat, ist eine völlige Übereinstimmung beider Verfahren nur bei der Auswahl der Probestämme nach Hartig zu erwarten. Der Ausdruck $A = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}{\frac{m_1}{a^1} + \frac{m_2}{a_2} + \frac{m_3}{a_3} + \dots}$ geht nur dann in $\frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots}{n}$ über, wenn $\frac{m_1}{a_1} = \frac{m_2}{a_2} = \frac{m_3}{a_3}$. Es ist nämlich für $\nu = \frac{m_1}{a_1} = \frac{m_2}{a_2}$:

$$\frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}{\frac{m_1}{a_1} + \frac{m_2}{a_2} + \frac{m_3}{a_3} + \dots} = \frac{a_1\nu + a_2\nu + a_3\nu \dots}{n\nu} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 \dots}{n}$$

Ersetzt man m durch das Produkt aus Grundfläche mal Höhe mal Formzahl, so muß

$$\frac{g_1h_1f_1}{a_1} = \frac{g_2h_2f_2}{a_2} = \frac{g_3h_3f_3}{a_3} = \dots$$

sein. Nun kann angenommen werden, daß in demselben Bestand die durchschnittliche Zunahme an Walzen- oder Formhöhe (Höhe mal Formzahl) annähernd gleich sei, also $\frac{h_1f_1}{a_1} = \frac{h_2f_2}{a_2} = \frac{h_3f_3}{a_3}$; es besteht alsdann noch die Bedingung, daß $g_1 = g_2 = g_3$, welche bekanntlich bei dem Hartig'schen Verfahren erfüllt wird.

Eine von der üblichen abweichende Definition des Massenalters giebt Block***), indem er hiermit das durchschnittliche Alter der Masseneinheit bezeichnet.

Die Formel für dasselbe lautet alsdann:

$$A = \frac{m_1a_1 + m_2a_2 + m_3a_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$$

oder in Worten: das mittlere Bestandesalter ist gleich der durch die Anzahl der Masseneinheiten geteilten Summe der Alter sämtlicher Masseneinheiten.

Bei der nach einem kürzeren Zeitraum wiederholten Aufnahme ungleichaltriger Bestände zeigt es sich, daß der rechnungsmäßige Unterschied in den Altern meist nicht dem faktischen Zwischenraume zwischen

---

*) Lorey, Ertragstafeln für die Weißtanne, 1884, p. 66.

**) Guttenberg, Holzmeßkunde, in Lorey, Handbuch der Forstwissenschaft Bd. II. p. 188.

***) Block, die Smalian'sche Formel zur Berechnung des mittleren Bestandesalters. Zeitschr. f. Forst u. Jagdw. 1888 p. 496.

den beiden Aufnahmen entspricht, sondern in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle größer ist.*) Dieses relative Älterwerden der Bestände rührt daher, daß bei den Durchforstungen vorwiegend die schwächsten und damit auch der Regel nach die jüngsten Individuen weggenommen werden, so daß bei den späteren Aufnahmen verhältnismäßig immer mehr nur die stärksten und ältesten Stämme vorhanden sind. Um diesen Mißstand zu vermeiden, sind in derartigen Beständen vom stärkerem Stangenholzalter an nur die stärksten Stammklassen, welche voraussichtlich den künftigen Haubarkeitsbestand bilden werden, zur Altersbestimmung heranzuziehen.**)

Die Berechnungsweise weicht allerdings von der oben angegebenen Definition des Alters ungleichaltriger Bestände ab, ist aber motiviert durch den ganz überwiegenden Anteil, welchen die stärkeren Stammklassen an der Gesamtmassenproduktion haben.

VI. Abschnitt.

Ermittelung des Zuwachses.

§ 54. Begriff und Arten des Zuwachses.

Während jeder Vegetationsperiode erfahren die verschiedenen Dimensionen eines Baumes eine Vergrößerung, welche sich als Verlängerung der Schaftaxe (Höhenzuwachs), und als Zunahme der Durchmesser (Stärkezuwachs bez. Flächenzuwachs) dem Beobachter darstellt und durch die geeigneten Instrumente gemessen werden kann.

Höhenzuwachs und Flächenzuwachs zusammen bedingen eine Vermehrung des Volumens (Massenzuwachs), welche einen den vorjährigen Baumschaft umgebenden und organisch mit demselben verbundenen Hohlkegel darstellt.

Aus der Wachstumsleistung der Einzelstämme setzt sich der Zuwachs des Bestandes zusammen.

---

*) Theod. Nördlinger, das relative Älterwerden von Buchenstangenhölzern. Allg. Forst- und Jagd-Zeit. 1884, p. 301.

**) Protokoll der Versammlung des Vereins deutscher forstl. Versuchs-Anstalten v. J. 1888. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1888, p. 733.

Je nach dem Zeitraum, während dessen der Zuwachs erfolgt, unterscheidet man:

1. jährlichen oder laufendjährlichen Zuwachs, welcher sich auf ein bestimmtes Jahr bezieht.
2. periodischen Zuwachs, welcher innerhalb einer längeren oder kürzeren Reihe von Jahren erfolgt.
3. Gesamtalters-, totalen oder summarischen Zuwachs, welcher die ganze Wachstumsleistung von der Begründung eines Baumes oder Bestandes bis zu seinem gegenwärtigen Alter umfaßt.
4. durchschnittlich-jährlichen Zuwachs, welcher sich durch Division des totalen Zuwachses durch das Alter des Baumes bez. Bestandes ergiebt. Bezieht sich der durchschnittlich-jährliche Zuwachs auf das Abtriebsalter, so bezeichnet man denselben als Haubarkeits-Durchschnittszuwachs.
5. periodischen Durchschnittszuwachs; derselbe wird als Quotient des periodischen Zuwachses durch die Anzahl der Jahre, welche die Periode umfaßt, gefunden.

Für sehr viele Untersuchungen wird der periodische Durchschnittszuwachs an Stelle des laufend-jährlichen in Betracht gezogen, weil letzterer zu sehr von äußeren Zufälligkeiten abhängt.

Bei den Zuwachsuntersuchungen am Bestand ist zu berücksichtigen, daß fortwährend Stämme aus verschiedenen Ursachen aus demselben entfernt werden, welche jedoch bei Beurteilung der gesamten Wachstumsleistung mit in Betracht gezogen werden müssen.

Die Ermittelungen bezüglich des Zuwachses können sich auf eine abgelaufene Zeitperiode (Zuwachsermittelungen nach rückwärts) oder die noch zu erwartenden Wachstumsleistungen (Zuwachsermittelung nach vorwärts) beziehen, da sich erstere in der Hauptsache mit vorliegenden Größen beschäftigt, so ist ihr Genauigkeitsgrad erheblich größer, als jener der letzteren, welche sich auf dem Boden der Spekulation zu bewegen gezwungen ist.

Die Kenntnis der absoluten Größe des Zuwachses ist nicht für alle Zwecke ausreichend, sondern es ist oft nöthig, die relative Größe desselben, d. h. das Verhältnis zwischen den vorhandenen Elementen

und dem hieran erfolgenden Zuwachs, das Zuwachsprozent, zu ermitteln.

§ 55. Über den Zusammenhang des laufendjährlichen und des Durchschnittszuwachses.

Der Gang der beiden genannten Arten des Zuwachses ist sehr verschieden, je nachdem die Masse des ganzen Bestandes oder bestimmter Baumgruppen oder nur eines Einzelstammes in Betracht kommt, ferner verläuft derselbe anders für die Masse, als für die einzelnen Faktoren derselben: Höhe, Durchmesser und Kreisfläche. Holzart, Standort und wirtschaftliche Behandlungsweise sind hierfür in erster Linie von Bedeutung.

Trotz dieser Verschiedenheiten, deren nähere Untersuchung nicht in das Gebiet der Holzmeßkunde gehört, bestehen doch gewisse allgemeine Gesetze für den gegenseitigen Verlauf des Durchschnitts- und laufendjährlichen Zuwachses, welche stets zutreffen und deren Kenntnis für die weiteren Erörterungen über die Ermittelung des Zuwachses notwendig ist.

Der laufendjährliche Zuwachs ist stets in den ersten Lebensjahren sehr gering, steigt dann ziemlich rasch an, erreicht bald ein Maximum und fällt.

Der Durchschnittszuwachs ist anfangs kleiner als der laufendjährliche, steigt langsamer und nimmt später ebenfalls ab. Wann er sein Maximum erreicht, ergiebt sich aus folgender Betrachtung:

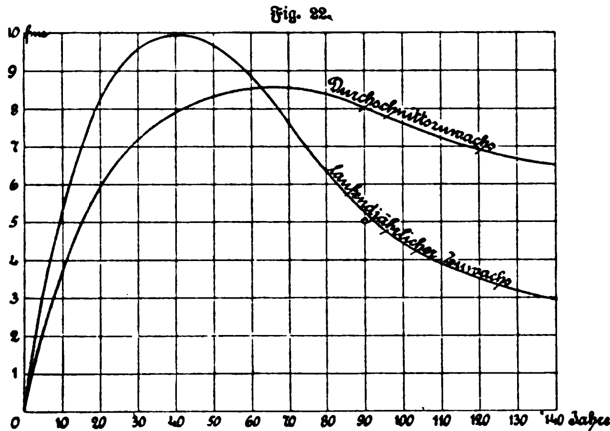
Nennt man die laufendjährlichen $l_1, l_2 \ldots$ und die durchschnittlichjährlichen Zuwachse $d_1, d_2 \ldots$, so ist der laufendjährliche Zuwachs des Jahres $n + 1$:

$$l_{n+1} = (n + 1)d_{n+1} - nd_n \text{ oder}$$
$$l_{n+1} = nd_{n+1} + d_{n+1} - nd_n$$
$$l_{n+1} - d_{n+1} = n(d_{n+1} - d_n).$$

Hieraus folgt, daß für $d_{n+1} \gtrless d_n$ auch $l_{n+1} \gtrless d_{n+1}$ sein muß.

Vorstehender Beweis rührt von G. Heyer (Waldertrags-Regelung, 3. Aufl., S. 24) her, einen anderen, sehr viel umständlicheren, hat Jäger in der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung 1841, S. 177 gegeben; endlich hat auch Lehr einen Beweis für den Zeitpunkt der Kulmination des Durchschnittszuwachses in der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung 1870, S. 482 geführt.

Fig. 22.



Der Durchschnittszuwachs erreicht demnach dann sein Maximum, wenn er gleich dem laufendjährlichen wird. Dieses findet natürlich erst statt, wenn der laufendjährliche Zuwachs bereits im Abnehmen ist, die Kulmination des Durchschnittszuwachses tritt also später ein als jene des laufendjährlichen (Figur 22).

In der Periode zwischen der Kulmination des laufendjährlichen und Durchschnittszuwachses steigt letzterer noch, während der erstere bereits abnimmt.

I. Zuwachsermittelung am Einzelstamm.

1. Ermittelung der absoluten Größe des Zuwachses.

§ 56. Höhenzuwachs.

Am stehenden Stamm kann der Höhenzuwachs nur bei jenen Nadelhölzern gemessen werden, welche deutliche Astquirle bilden und soweit diese bez. die Astwulste noch sichtbar sind.

In weitaus den meisten Fällen müssen die Untersuchungen über den Höhenzuwachs am liegenden Stamm ausgeführt werden.

Wenn es sich nun darum handelt, zu ermitteln, wie groß der Höhenzuwachs während der letzten kurzen, etwa n Jahre umfassenden, Periode gewesen ist, so geschieht dieses bei den Nadelhölzern, welche deutliche Astquirle zeigen, einfach durch Abzählen der letzteren von der Spitze her und Messung der Länge des betr. Stammteiles.

Bei den übrigen Holzarten sucht man jenen Punkt der Stammachse auf, an welchem sich die Spitze des Stammes vor n Jahren befunden haben dürfte, und an welcher, wie früher angegeben, infolgedessen n Jahresringe vorhanden sein müssen. Hier durchschneidet man den Stamm und ermittelt die Zahl der Jahresringe, ist dieselbe größer oder kleiner als n, so wiederholt man diese Operation im ersten Fall weiter oben, im zweiten weiter unten, bis man die Stelle gefunden hat, wo oben noch n, unterhalb welcher aber bereits n + 1 Jahresringe vorhanden sind. Die Länge des Stückes von diesem Querschnitt bis zur Spitze ist der Höhenzuwachs während der letzten n Jahre.

Einen vollständigen Überblick über den Höhenwachstumsgang eines Baumes während seines ganzen Lebens und damit auch für jede beliebige Periode während desselben erhält man (von ganz jungen, quirlbildenden Nadelhölzern abgesehen) nur durch die sogenannte Höhenanalyse, welche gleichzeitig einen Teil der Stammanalyse bildet, mittels welcher die einzelnen form- und inhaltsbildenden Elemente eines Baumes für sämtliche Lebensjahre bestimmt werden.

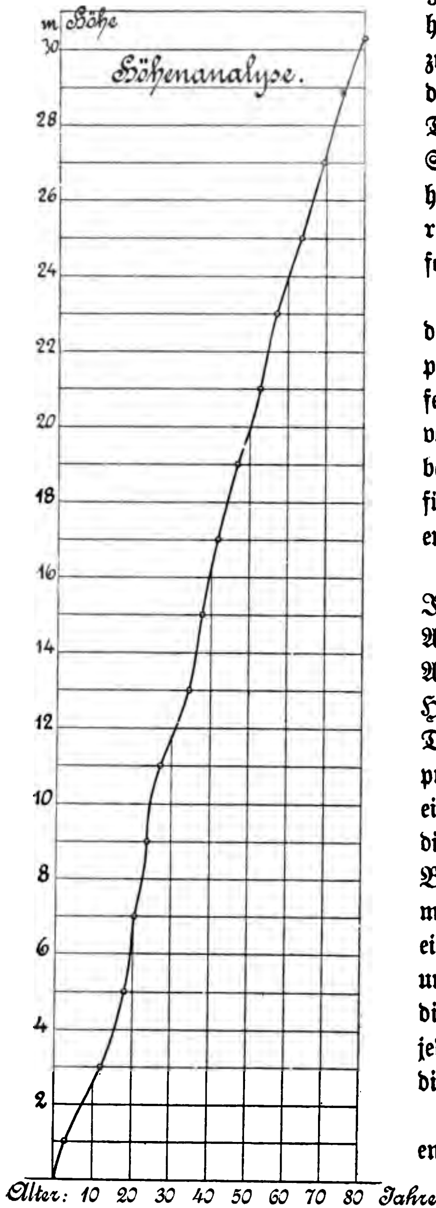
Um zu ermitteln, in welchem Abstand über dem Boden sich in jedem Jahre die Spitze des Baumes befunden hat, ist vor allem die Kenntnis des Baumalters a erforderlich. Zeigt ein Querschnitt in m Meter Höhe über dem Boden noch i Jahresringe, so gehört nach früherem die oberhalb dieses Abschnittes liegende Höhe den letzten i Jahren als Wachstumsleistung an, folglich hat der Stamm a — i Jahre gebraucht, um die Höhe von m Metern zu erreichen.

Wenn man den Stamm in Sektionen von 1 oder 2 m Länge zerlegt und sowohl am Stockabschnitt als auch auf dem oberen Ende jeder Sektion die Jahresringe zählt, so kann man hiernach leicht berechnen, in welchem Alter der Stamm die jedem Querschnitt entsprechende Höhe besessen hat.

Für die meisten Fälle lautet aber die Frage: Wie hoch ist der Stamm in einem gewissen Alter gewesen? Dieselbe läßt sich durch graphische oder rechnerische Interpolation aus den vorher gewonnenen Daten beantworten.

Will man rechnerisch interpolieren, so sucht man die Sektion auf, in welche die Spitze des betr. Altersjahres fällt, dann bestimmt man die Differenz der Jahresringzahlen der beiden die Sektion be-

Fig. 23.



grenzenden Querschnitte, erhält dadurch die Zeit, welche zur Bildung der zwischenliegenden Länge erforderlich war. Der Quotient aus Länge der Sektion in die Zahl der zugehörigen Jahre giebt das während des betr. Intervalls erfolgte Jahreslängenwachstum.

Im allgemeinen wird jedoch die graphische Interpolation bessere Resultate liefern, weil die Annahme einer von Jahr zu Jahr gleichbleibenden Höhenzunahme selbst für kleine Zeitintervalle nicht entsprechend ist.

Bei der **graphischen** Interpolation trägt man das Alter der Querflächen als Abszissen und die zugehörigen Höhen als Ordinaten auf. Durch Verbindung der Endpunkte der letzteren entsteht eine gebrochene Linie, welche die Höhenentwickelung des Baumes darstellt. Wandelt man diese gebrochene Liine in eine stetig verlaufende Kurve um, so kann man nunmehr die Höhe des Baumes für jedes beliebige Alter als Ordinate ablesen (Figur 23).

Bei der Höhenanalyse entstehen kleine Ungenauig-

Beispiel einer Höhenanalyse.

Oberförsterei: Tzullkinnen. Holzart: Fichte. Stamm: Nr. 1.

Höhe des Abschnittes	Zahl der Jahresringe	Der Stamm erreichte die Höhe des Querschnittes in Jahren	Der Stamm war hoch	
m			im Alter von Jahren	m
Stock	80	0 (2)*)	10	2,5
1	77	3	20	6,3
3	68	12	30	11,9
5	62	18	40	16,0
7	59	21	50	20,0
9	56	24	60	24,2
11	52	28	70	27,2
13	45	35	80	30,3
15	42	38		
17	37	43		
19	33	47		
21	27	53		
23	23	57		
25	17	63		
26,5	11	69		
30,3	0	80		

keiten dadurch, daß die Querschnitte meist nicht genau an der Grenze der einzelnen Jahreshöhentriebe, sondern zwischen diesen zu liegen kommen, weshalb die Höhe für das betr. Alter etwas zu groß erhalten wird, ein Fehler, welcher im ungünstigsten Fall nahezu die Länge des ganzen Jahrestriebes ausmacht. Vollständig beseitigen läßt sich derselbe nur dann, wenn man nicht nur den Höhenzuwachsgang, sondern auch das Ergebnis der Stammanalyse (letztere als Durchschnitt einer vertikalen Ebene gedacht, welche durch die Achse gelegt wurde) aufträgt, indem sich beide Zeichnungen gegenseitig kontrollieren und ergänzen (vgl. Figur 24 auf S. 126).

*) Bei den Höhenanalysen bleibt das Stück unterhalb des Stockabschnittes zunächst außer Betracht und wird erst zum Schluß, wenn es der Zweck der Arbeit erfordert, die Zahl von Jahren noch hinzugerechnet, welche der Stamm gebraucht hat, um die Stockhöhe zu erreichen.

Bei der Zuwachsschätzung nach vorwärts ist zu beachten, daß das Maximum des laufendjährlichen Höhenzuwachses sehr frühzeitig eintritt (Kiefer und Lärche im 10.—15. Jahr, Fichte im 20.—25. und Tanne sowie Buche im 25.—30. Jahr), von da sehr rasch herabsinkt und alsdann im Mannbarkeitsalter auf einem Betrag von etwa 10—15 cm längere Zeit verharrt, bis schließlich die Zunahme in den höchsten Lebensaltern nur noch eine äußerst geringe wird. Man wird also, von der frühesten Periode abgesehen, im allgemeinen für die nächste Zeit keine Zunahme und selbst nicht einmal ein Gleichbleiben des bisherigen Höhenzuwachses, sondern in der Regel eine Abnahme in Rechnung zu setzen haben, wobei der Gang des Wachstumes in den letzten Jahren einen guten Anhaltspunkt gewährt. Relativ am sichersten läßt sich die Zunahme der Höhe für die nächste, nicht allzu lange (etwa 10jährige) Lebensperiode, durch Verlängerung der in der oben angegebenen Weise konstruierten Höhenkurve unter Berücksichtigung der Tendenz ihres Verlaufes während der letzten Jahre, schätzen.

§ 57. Stärkenzuwachs.

Die Messung des Stärken- und Flächenzuwachses bezieht sich fast stets nur auf den Holzkörper exkl. Rinde, bloß bei Zuwachsuntersuchungen durch wiederholte Aufnahme stehender Stämme mittels der Kluppe (bei Versuchsflächen) wird die Zunahme der ganzen Querfläche, also von Holz und Rinde gleichzeitig erhoben.

Die Möglichkeit der Messung des Stärkenzuwachses ist durch die Bildung der Jahresringe bedingt, welche die Zunahme des Durchmessers während jedes einzelnen Jahres genau feststellen läßt. Da die Breite der Jahresringe in den seltensten Fällen auf demselben Querschnitt im ganzen Umfang gleich groß ist, so darf man sich nicht damit begnügen den Stärkenzuwachs an einer einzigen Stelle zu messen, sondern muß diese Operation an mehreren (mindestens an zwei einander gegenübergelegenen) Stellen vornehmen und aus den Ergebnissen das Mittel berechnen.

Bei der Messung des Stärkenzuwachses kommen die gleichen Verhältnisse in Betracht, welche oben (S. 106) bezüglich des leichteren oder schwereren Erkennens der Jahresringsgrenzen angegeben worden sind und müssen dieselben Mittel, wie dort, angewendet werden, um letztere sichtbar zu machen.

Das Messen des Stärkenzuwachses am stehenden Baume erfolgt nur bei wiederholten Aufnahmen an ständigen Versuchsflächen durch Kluppen auf der Rinde, in allen übrigen Fällen wird mittels der Preßler'schen Zuwachsbohrer ein Bohrspan herausgeholt, auf welchem die Messung des Stärkenzuwachses mittels eines in Millimeter geteilten Maßstabes (am einfachsten unter Anwendung des auf der Klemmnadel befindlichen) vorgenommen wird. Die Länge der Periode, für welche die Bestimmung des Stärkenzuwachses ausgeführt werden kann, hängt einerseits ab von der Länge des Spanes, welcher erbohrt werden kann (in der Regel 6—7 cm; der Tiefbohrer, welcher bei Weichhölzern bis zu 13 und 14 cm Tiefe zu gehen gestattet, wird nur selten angewendet), und andrerseits von der Energie des Wachstumes, da natürlich mit dem gleich langen Span bei raschem Wachstum weniger Jahresringe getroffen werden als bei langsamen.

Viel eingehender kann selbstverständlich die Messung der Jahrringsbreiten während bestimmter Perioden vom liegenden Stamme auf rechtwinklig zur Stammachse geführten Schnittflächen oder noch bequemer auf ca. 5 cm dicken Scheiben, welche in gleicher Weise aus dem Stamme herausgeschnitten sind, wie es für wissenschaftliche Untersuchungen geschieht, ausgeführt werden.

Als Instrumente benutzt man hierbei entweder einen einfachen prismatischen Maßstab oder noch besser die früher (S. 10) besprochenen Baur'schen Zuwachsstäbe. Auch die Staudinger'sche Metallkluppe, sowie der nach Professor von Guttenbergs Angabe konstruierte Stangenzirkel lassen sich mit Vorteil hierzu verwenden.

Bei den Messungen behufs Ermittelung des Stärkenzuwachses am liegenden Stamme muß die früher bereits besprochene Abweichung der Querflächen von der Kreisform berücksichtigt werden, und wird man sich, da derartige Untersuchungen stets einen größeren Genauigkeitsgrad erstreben, niemals mit der Messung eines einzigen Durchmessers begnügen, sondern mindestens die Größe von zwei sich rechtwinklig kreuzenden Durchmessern (des größten und kleinsten) bestimmen. Noch schärfere Resultate erhält man durch Messung noch einer größeren Anzahl symmetrisch gelegter Durchmesser, von denen sich je zwei rechtwinklig kreuzen. Das Mittel aus den verschiedenen Ablesungen wird alsdann der weiteren Rechnung zu Grunde gelegt.

Bei der Messung des Stärkenzuwachses beschränkt man sich entweder auf die Ermittelung der Zunahme des Durchmessers während einer bestimmten Periode, oder man will den Gang des Stärkewachstumes während des ganzen Lebens feststellen.

Im ersten Falle erhält man das gewünschte Resultat aus der Differenz der Durchmesser d und D zu Anfang und zu Ende der betr. Periode. Diese Untersuchung kann innerhalb der oben angegebenen Grenzen am stehenden Stamme vorgenommen werden.

Im zweiten Falle will man entweder wissen, welches war der Durchmesser vor n, 2n, 3n . . . Jahren oder wie groß war derselbe in bestimmten Altern, es sind letzteres gewöhnlich Jahrzehnte (10, 20, 30 Jahre). Die hierzu nötigen Messungen können mit Ausnahme ganz junger Stämme, bei welchen es möglich ist, bis zur Markröhre reichende Bohrspäne zu erhalten, nur an liegenden Stämmen bez. an Stammscheiben vorgenommen werden.

Bei den Messungen am liegenden Stamme zieht man auf der betreffenden Stammscheibe die erforderliche Anzahl von Durchmessern und zählt alsdann auf jedem derselben von außen nach innen im ersten Fall die Anzahl Jahresringe, welche der betreffenden Periode entspricht, ab, und markiert den Anfangspunkt derselben durch einen Bleistiftstrich. Im zweiten Falle wird diese Operation entweder so oft wiederholt, bis die Zahl der Jahresringe der innersten Zone gleich oder kleiner als n ist, oder man muß zuerst bestimmen, welches der Durchmesser im letzteren der Untersuchung zu Grunde gelegten Lebensabschnitte war. Angenommen das gegenwärtige Alter des Baumes sei a, die Anzahl Jahre des betr. Lebensabschnittes sei i, so muß man zunächst auf jedem Durchmesser von außen nach innen (a—i) Jahresringe abzählen, von hier aus wird dann in der gleichen Weise, wie vorher angegeben, weitergearbeitet.

Man hat z. B. einen 67jährigen Stamm und will wissen, wie groß die Durchmesser in den Jahren 60, 50, 40, 30, 20, 10 gewesen sind, so zählt man zuerst (a—i) = (67—60) d. h. 7 Jahre ab und erhält so die Marken für das Alter 60, von hier ab werden alsdann immer je 10 Jahresringe weiter zurückgezählt.

Wenn diese letzterwähnten Untersuchungen auf einer größeren Anzahl von Scheiben, welche verschiedenen Höhen desselben Stammes entnommen sind, vorgenommen werden, so finden sich selbstverständlich

auf den oberen Scheiben immer weniger Perioden, da die Spitze des Stammes die betr. Höhe erst im späteren Alter erreicht hat.

Wenn die korrespondierenden Endpunkte der Durchmesser für den Anfang der einzelnen Perioden bezeichnet sind, so kann deren Messung mit Hilfe der oben angegebenen Instrumente unschwer vorgenommen werden.

Bezüglich der Schätzung des Stärkenzuwachses nach vorwärts ist die Tendenz im Verlaufe der letzten Jahresringe zu beachten, man muß jedoch dabei berücksichtigen, daß die Größe des Stärkenzuwachses durch wirtschaftliche Operationen (starke Durchforstungen, Lichtungshiebe) sehr beeinflußt wird.

§ 58. *Flächenzuwachs.*

Die Kenntnis des Stärkenzuwachses gewährt noch keinen Einblick in die Größe des Flächenzuwachses, d. h. die Vergrößerung, welche ein in beliebiger Höhe des Schaftes demselben entnommener Querschnitt innerhalb eines gewissen Zeitraumes erfahren hat. Dieser Flächenzuwachs stellt einen Kreisring dar und wird gemessen durch die Differenz der zu dem Durchmesser d und D am Anfang und Schluß der Periode gehörigen Kreisflächen g und G.

Für die Bestimmung von d und D gelten die oben bezüglich der Ermittelung des Stärkenzuwachses angegebenen Regeln.

Die außerdem noch empfohlenen Methoden zur Ermittelung des Flächenzuwachses, nämlich: Papierwägung (d. h. Wägung von Papierscheiben, deren Größe gleich ist den Flächen G und g, wobei sich der Flächenzuwachs aus dem bekannten Gewichte der Flächeneinheit der betr. Papiersorte berechnen läßt) und Flächenberechnung mit Hilfe des Polarplanimeters sind viel zu umständlich, um bei einer größeren Untersuchungsreihe angewandt werden zu können, ohne daß das dabei erhaltene Resultat genauer wäre, als jenes, welches durch Zugrundelegung des Mittels aus einer Mehrzahl von Durchmessern erhalten wird.

Ebenso wie der Stärkezuwachs wird auch der Flächenzuwachs entweder für eine beschränkte Zahl von Perioden oder für alle auf einem Querschnitt vertretenen Lebensjahre berechnet.

Die Ermittelung des Flächenzuwachses nach vorwärts geschieht in der Regel unter Benutzung des in der oben angegebenen Weise

geschätzten Stärkenzuwachses. Man kann denselben aber auch aus dem Flächenzuwachs mehrerer vorausgegangener Perioden nach der in dem Gang derselben ausgedrückten Tendenz schätzen. In der gleichen Weise wie der Stärkenzuwachs wird auch der Flächenzuwachs durch wirtschaftliche Operationen modifiziert.

Der Stärken- und Flächenzuwachs ist in der Regel nicht für die ganze Länge des Schaftes gleich groß. Bei Bäumen mit schwach entwickelter Krone (geringere Stammklassen eines geschlossenen Bestandes) pflegt der Zuwachs unmittelbar unterhalb der Krone am größten zu sein und nimmt nach unten zu immer mehr ab. Bei sehr stark unterdrückten Bäumen kann unten sogar ein vollständiges Aussetzen des Jahresringes vorkommen. Bei allen gut belaubten Bäumen nimmt zwar der Flächenzuwachs des Schaftes von oben nach unten zu, es findet jedoch, abgesehen von dem untersten Schaftteile, an welchem der Einfluß des Wurzelanlaufes bemerkbar wird, ein Abnehmen der Jahresringbreite von oben gegen unten statt, und bleibt dieselbe nur in einzelnen Fällen am ganzen Schafte gleich. Nach Freistellungen und Lichtungen tritt dagegen sehr häufig eine bedeutende Zunahme der Ringbreite in dem unteren Stammteile ein, wogegen im oberen Teile die Ringbreite sich gleich bleibt und sogar oft noch unter das bisherige Maß herabsinkt.

Diese Verhältnisse müssen wohl berücksichtigt werden, wenn man aus der Messung des Stärken- und Flächenzuwachses an einem einzelnen, noch dazu im untersten Stammteile gelegenen Querschnitt, wie dieses bei den Zuwachsuntersuchungen am stehenden Stamm stets der Fall ist, einen Schluß auf den Massenzuwachs des ganzen Stammes ziehen will.

§ 59. Berechnung des Massenzuwachses nach dem Sektionsverfahren.

Um den Massenzuwachs berechnen zu können, müssen die Massen m und M zu Anfang bezw. zu Ende der betreffenden Periode bekannt sein. Beide werden je nach dem gewünschten Genauigkeitsgrade auf verschiedene Weise ermittelt.

Das im zweiten Abschnitte angegebene Verfahren zur Berechnung der gegenwärtigen (berindeten) Masse eines Stammes durch Zerlegung

desselben in eine Anzahl von Sektionen und Berechnung derselben als abgekürzte Paraboloide läßt sich auch zur Lösung der vorliegenden Aufgabe verwenden. Der Stamm wird hierbei zunächst durch Zerschneiden in Sektionen von 1—3 m Länge (wobei der Schnitt stets in der Mitte der betr. Sektion geführt wird) zerlegt, hierauf mißt man auf den Schnittflächen die den einzelnen Perioden entsprechenden Durchmesser in der bekannten Weise, berechnet die zugehörigen Querflächen und erhält durch Multiplikation derselben mit der Länge der Sektionen die Masse der letzteren und durch Addieren die Baummasse M und m zu Anfang und Ende der Periode.

Da die Stärke der Rinde für die früheren Lebensperioden nicht bekannt ist oder doch nur durch umständlich vergleichende Messungen ermittelt werden kann, so beziehen sich derartige Zuwachsberechnungeu in der großen Mehrzahl der Fälle fast stets nur auf den unberindeten Stamm.

Die Ermittelung des Zuwachsganges eines Stammes für seine ganze bisherige Lebensperiode nennt man Stammanalyse.

Durch dieselbe wird meist festgestellt, welches die Masse am Ende der einzelnen Decennien, also im Alter von 10, 20, 30 &c. Jahren gewesen ist; seltener geht die Aufgabe dahin, zu ermitteln, welches die Masse vor 10, 20 &c. Jahren gewesen ist.

Behufs Durchführung einer Stammanalyse wird der Stamm in Sektionen von 1—3 m Länge zerlegt, und auf jedem Querschnitt die Zahl der Jahresringe sowie die Größe des Durchmessers in den betreffenden Altersstufen in der bereits bekannten Weise ermittelt. Zum Zweck der Massenermittelung werden alsdann die Querflächen der einzelnen Sektionen mit deren Länge multipliziert und hierzu noch die Kubikinhalte der nicht eine volle Sektion langen Gipfelstücke addiert. Bei stärkeren Stämmen können die Gipfelstücke, welche die Mitte der Sektionen nicht erreichen, wegen ihres sehr kleinen Inhaltes vernachlässigt, die über die Mitte reichenden aber mit der vollen Sektionslänge in Rechnung gezogen werden.

Die Ergebnisse der Höhenanalyse und der Stärkemessung auf den einzelnen Sektionen lassen sich graphisch zu dem Bild eines Schnittes durch die Längsachse des Baumes darstellen. Zu diesem Zweck werden auf Millimeter — Papier, zuerst auf einer Geraden,

Fig. 24.

welche die Achse des Baumes repräsentiert, die Höhen der einzelnen Querschnitte, sowie die Höhen, welche die Spitze des Baumes am Ende der einzelnen Zeitabschnitte erreicht hat, aufgetragen und sodann auf jedem Querschnitt der den einzelnen Perioden entsprechenden Radien nach beiden Seiten der Achse markiert und endlich die zusammengehörigen Punkte miteinander verbunden, wodurch man die Stammkurven der einzelnen Lebensabschnitte erhält (Fig. 24).

Derartige Stammanalysen erstrecken sich nur auf die Schaftmasse und höchstens noch auf die stärkeren Äste, während der Zuwachs des Reisholzes unberücksichtigt bleibt.

§ 60. Ermittelung des Massenzuwachses aus der Mittelstärke.

Wie das vorige Verfahren von der genaueren sektionsweisen Kubierung, so geht dieses von der Massenberechnung der Stämme nach Mittelstärke und Länge aus.

Man ermittelt hierbei die Höhe H, welche der Stamm gegenwärtig besitzt, ebenso in $\frac{H}{2}$ den gegenwärtigen rindenlosen Durchmesser D; ferner durch Entwipfelung die Höhe h, welche der Stamm vor n Jahren besaß und die zu $\frac{h}{2}$ gehörige Stärke desselben d zu

Beispiel einer Stammanalyse (vgl. die zugehörige Höhenanalyse auf S. 118 und Figur 24).

Oberförsterei: Tzullkinnen. Holzart: Fichte. Stamm: Nr. 1.

Höhe des Querschnitts	Durchmesser für die Alter								Länge der Sektionen	Massenberechnung Querfläche im Alter							
	80	70	60	50	40	30	20	10		80	70	60	50	40	30	20	10
m	mm									qcm							
1	554	464	388	309	218	132	89	18	2	2411	1691	1182	750	373	137	62	3
3	484	418	359	291	204	129	55		"	1840	1372	1012	665	327	131	24	
5	454	392	333	266	181	105	21		"	1619	1207	819	556	257	86	4	
7	437	376	316	250	164	78			"	1500	1110	784	491	211	48		
9	425	361	304	237	132	45			"	1419	1024	726	441	137	16		
11	401	338	276	206	115	10			"	1263	897	598	333	104			
13	373	310	239	159	53				"	1093	755	449	199	22			
15	353	283	207	118	16				"	979	629	337	109	2			
17	307	230	155	70					"	740	415	189	38				
19	258	188	109	22					"	523	278	93	4				
21	212	144	69						"	353	163	37	2				
23	162	99	26						"	206	77	5					
25	113	48							"	100	18						
26,5	81	10							Sa: a	14046	9636	6231	3588	1433	419	90	3
Dazu eine Sektion von 1 m Länge (zugleich									Sa: b)	52	1						

Die Masse in den betr. Lebensjahren setzt sich zusammen aus:

	80	70	60	50	40	30	20	10
jener der 2 m langen Sektionen = Sa: a × 2	2,8092	1,9272	1,2462	0,7176	0,2866	0,0838	0,0180	0,0006 fm
" " 1 m " " = Sa: b	52	1	.	.	.	.	.	. "
" " Endstücke	8	.	.	.	.	.	.	. "
Ganze Masse	2,8152	1,9273	1,2462	0,7176	0,2866	0,0838	0,0181	0,000 fm

Anfang der Periode. Sind G und g die zu D und d gehörigen Querflächen, so ist der Zuwachs:

$$Z_r = GH - gh.$$

Um beide Durchmesser an der gleichen Stelle messen zu können, hat Preßler vorgeschlagen den Stamm zuerst um n (oder noch besser um 1,3 bis 1,4 n) Jahrestriebe zu kürzen und alsdann an die Stelle des „zuwachsrecht" entwipfelten Stammes, also in $\frac{h}{2}$ sowohl den früheren als auch den gegenwärtigen Durchmesser zu bestimmen. Obige Formel geht dann über in:

$$Z_r = Gh - gh = h(G - g).$$

Der Fehler, welcher dadurch begangen wird, daß man h auch als die gegenwärtige Höhe des Baumes, also um den n jährigen Längenzuwachses zu klein annimmt, soll dadurch ausgeglichen werden, daß D etwas zu tief und daher um etwas zu groß gemessen wird.

Um d zu messen ist es nicht notwendig den Stamm zu durchschneiden, sondern man kann auch den n jährigen Stärkenzuwachs als Mittel der Messungen von mehreren, mittels des Zuwachsbohrers erhaltenen Spänen bestimmen und die doppelte Größe der Ringbreite vom jetzigen Durchmesser D abziehen.

Nach dem gleichen Verfahren läßt sich auch der Massenzuwachs vorwärts schätzen, alsdann braucht man nur den Betrag des wahrscheinlichen Stärkezuwachses zu dem gegenwärtigen Durchmesser zu addieren und erhält den Zuwachs Z_r in der nächsten n jährigen Periode:

$$Z_r = H(G_1 - G).$$

Dieses Verfahren kann nur für die Ermittelung des Zuwachses während einer einzigen nicht zu langen Periode benutzt werden.

§ 61. Zuwachsberechnung durch Anwendung von Formzahlen.

Bezeichnen G und H die Grundfläche bez. Scheitelhöhe eines liegenden Stammes, ferner g und h die entsprechenden Elemente zu Anfang der Periode, so kann man zum Zweck der Massenberechnung entweder die gegenwärtige Formzahl F direkt messen und unterstellen, daß dieselbe während der betreffenden Periode unverändert geblieben sei, oder man kann die zu H und h gehörige Formzahlen aus Tafeln entnehmen.

Im ersten Fall ist der Zuwachs:

$$Z_r = GHF - ghF,$$

im zweiten:

$$Z_r = GHF - ghf.$$

Ersteres Verfahren ist umständlicher und letzteres ungenauer, als das im vorigen Paragraphen beschriebene. Bei gefällten Stämmen wird deshalb die Zuwachsberechnung mit Hilfe der Formzahlen selten, dagegen häufiger bei stehenden Stämmen angewandt.

Hier wird H mittels des Höhenmessers bestimmt, h geschätzt, G und g mit Hilfe der Kluppe und des Zuwachsbohrers ermittelt und F sowie auch f aus Formzahlübersichten entnommen oder in Ermangelung von solchen geschätzt.

In analoger Weise kann unter Benutzung von Formzahlenübersichten auch der Zuwachs für die kommende Periode bestimmt werden; es ist alsdann nötig, nicht nur den Stärkezuwachs, sondern auch den Höhenzuwachs einzuschätzen und für die Berechnung von M_r die entsprechenden Formzahlen anzuwenden.

Bei diesem Verfahren darf nicht außer Acht gelassen werden, daß die Formzahlen eines Baumes häufig innerhalb kurzer Perioden nicht unbeträchtliche Aenderungen erfahren, und die Formzahlübersichten lediglich Durchschnittswerte enthalten. Das individuelle Verhalten des einzelnen Baumes kann daher auf diesem Weg nur annäherungsweise ermittelt werden.

Wagener benutzt dieses Verfahren zu einer Abkürzung der umständlichen Stammanalysen, indem er auf der in Brusthöhe entnommenen Scheibe die Durchmesser bez. Kreisflächen für die in Betracht kommenden Lebensjahre und durch Höhenanalyse die korrespondierenden Höhen bestimmt, die Massen selbst aber unter Anwendung von Formzahlen, die aus den Tafeln entnommen werden, berechnet.

2. Ermittelung des Zuwachsprozentes.

§ 62. Allgemeines über die Berechnung des Zuwachsprozentes.

Außer der Feststellung der absoluten Zuwachsgröße kommt für viele Aufgaben das Verhältnis in Betracht, welches zwischen der Zuwachsgröße und der Masse, an welcher sie erfolgt, besteht. Um einen

von der konkreten Masse unabhängigen Ausdruck zu erhalten, bezieht man die Zuwachsleistung auf die Masse 100 und die Zeiteinheit, und erhält so das sogenannte Zuwachsprozent.

Als Masse im Sinne vorstehender Definition können für die Zwecke der Holzmeßkunde: Höhe, Stärke, Fläche und Volumen (Holzmasse) in Betracht kommen. Man spricht demnach von einem Höhen-, Stärken-, Flächen- und Massenzuwachsprozent.

Die Zuwachsleistung wird in weitaus den meisten Fällen entweder auf die zu Anfang der Periode oder auf die zur Mitte dieses Zeitraumes vorhandene Masse bezogen.

Im ersten Fall ist:

$$m : z = 100 : p \text{ und}$$

$$p = \frac{100\ z}{m} \qquad 1)$$

Wenn man für z den Ausdruck M—m einführt und eine njährige Periode annimmt, so ergiebt sich:

$$p = \frac{100}{n} \cdot \frac{M - m}{m} \qquad 2)$$

Im zweiten Fall muß man, wenn, wie gewöhnlich nur die Anfangsmasse m und die Endmasse M gegeben sind, zunächst eine Annahme über den Gang des Zuwachses machen.

Wird unterstellt, daß der Zuwachs in jedem Jahr während des betrachteten Zeitraumes der gleiche ist, so nehmen die Massen in einer arithmetischen Reihe zu; es läßt sich alsdann der Gang des Zuwachses durch eine gerade Linie darstellen.

Die Masse in der Mitte der Periode ist unter dieser Voraussetzung das Mittel aus den Massen zu Anfang und am Schlusse derselben, also $= \frac{M + m}{2}$; setzt man für den Zuwachs z den Ausdruck M—m, so ergiebt sich:

$$\frac{M + m}{2} : (M - m) = 100 : p$$

$$p = \frac{M - m}{M + m} \cdot 200 \qquad 3)$$

Wird auch hier statt der einjährigen Periode eine njährige zu Grunde gelegt, so geht die Formel 3 über in

$$p = \frac{M - m}{M + m} \cdot \frac{200}{n} \qquad 4)$$

Dieselbe Formel ergiebt sich, wenn man den Zuwachs in Prozenten der laufenden Masse ausdrückt und den Mittelwert dieses Prozentes berechnet.*) Ändert sich der Zuwachs während der Periode, so gilt diese Formel nur annäherungsweise, und zwar giebt sie bei steigendem Zuwachs zu kleine, bei fallendem Zuwachs zu große Werte.

Die Formel 4 ist zuerst von Preßler, und zwar als Näherungsformel für die Rechnung nach Zinseszinsen $p = \left(\sqrt[n]{\frac{M}{m}} - 1\right)100$ angegeben worden und wird daher als Preßler'sche Formel bezeichnet.

Es ist jedoch keineswegs notwendig, die thatsächlich unrichtige Voraussetzung zu machen, daß der Massenzuwachs nach Zinseszinsen erfolge, sondern man erhält die dem wirklichen Wachstumsgang sehr gut entsprechende Formel auch bei Unterstellung einfacher Zinsen, sobald man das Zuwachsprozent nicht auf die Anfangsmasse, sondern auf die Mittenmasse bezieht, was für viele Untersuchungen zweckmäßig ist.

Bei Vergleichung des nach Formel 4 berechneten Zuwachsprozentes mit dem thatsächlichen Wachstumsgang, zeigt sich, daß die entstehenden Differenzen nur sehr gering sind, namentlich dann, wenn man von den jüngsten Altersklassen (etwa unter 40 Jahren) absieht, in denen allerdings eine raschere Änderung eintritt. Man kann also ohne einen nennenswerten Fehler zu begehen, annehmen, daß in der That, wenigstens in den mittleren und höheren Lebensaltern, für welche die Zuwachsprozente doch hauptsächlich in Betracht gezogen werden, die Massen für eine nicht allzulange Periode annähernd genau nach den Gesetzen einer arithmetischen Reihe zunehmen.

Bei Vergleichung der Formel 2 mit Formel 4 zeigt sich, daß erstere stets größere Zuwachsprozente ergeben muß. Der Unterschied ist um so größer, je rascher die Massenkurve ansteigt, d. h. er wächst mit der Größe des Zuwachsprozentes selbst und ist unter sonst gleichen Umständen bei fallendem Zuwachs größer als bei steigendem.

---

*) Schubert, zur Berechnung des Massenzuwachses nach Prozenten, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, 1888, p. 472.

Beide Methoden der Berechnung des Zuwachsprozentes haben ihre Berechtigung. Jene, welche von der Masse zu Anfang der Periode ausgeht, leistet dann gute Dienste, wenn es sich darum handelt, aus der jetzigen Masse und einem bekannten, ähnlichen Verhältnisse entnommenen p den Zuwachs Z zu berechnen. Es ist alsdann:

$$Z = \frac{m\,p}{100} \cdot n$$

Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß sich p fortwährend ändert, man darf also bei Zuwachsberechnungen nach vorwärts für längere Perioden nicht das gegenwärtige Prozent anwenden, sondern jenes, welches der Mitte derselben entspricht. Derartige Aufgaben liegen bei der Forsteinrichtung vielfach vor.

Wenn man aber p nach Formel 4 berechnet, so erhält man einen richtigen Einblick in den Zuwachsgang während einer bestimmten Periode, was namentlich für die meisten forststatischen Untersuchungen von Wichtigkeit ist. Außerdem bekommt man für die Zuwachsberechnung sofort ein für die Mitte der Periode berechnetes p.

Wenn man für M bez. m in Formel 2 und 4 nach einander Höhe, Durchmesser, Fläche und Volumen einsetzt, erhält man:

	auf den Anfang der Periode bezogen:	für die Mitte der Periode bez. auf die laufende Masse bezogen:
Höhenzuwachsprozent:	$p_h = \frac{100}{n} \cdot \frac{H - h}{h}$	$\frac{H - h}{H + h} \cdot \frac{200}{n}$
Stärkenzuwachsprozent:	$p_d = \frac{100}{n} \cdot \frac{D - d}{d}$	$\frac{D - d}{D + d} \cdot \frac{200}{n}$
Flächenzuwachsprozent:	$p_g = \frac{100}{n} \cdot \frac{G - g}{g}$	$\frac{G - g}{G + g} \cdot \frac{200}{n}$
Volumenzuwachsprozent:	$p_v = \frac{100}{n} \cdot \frac{V - v}{v}$	$\frac{V - v}{V + v} \cdot \frac{200}{n}$

Will man diese Formeln zur Berechnung des Zuwachsprozentes in der nächsten n jährigen Periode anwenden, so ist m gleich der jetzigen Größe der Höhe, des Durchmessers u. s. w., und ist deren Größe M am Ende der Periode nach den früher angegebenen Gesichtspunkten einzuschätzen.

Das Flächenzuwachsprozent läßt sich in einfacher Weise aus dem korrespondierenden Stärkezuwachsprozent ableiten, wenn p den Zuwachs in Prozenten der Anfangsmasse ausdrücken soll.

Es verhält sich nämlich $d : D = 100 : (100 + p_d)$ 1)

und $g : G = 100 : (100 + p_g)$ 2)

Aus 1 ergiebt sich:

$$d^2 : D^2 = 100^2 : (100 + p_d)^2 = 100^2 : (100^2 + 200\ p_d + p^2_d)$$

Dividiert man Zähler und Nenner des Quotienten der rechten Seite durch 100 und multipliziert jene der linken mit $\frac{\pi}{4}$, so erhält man:

$$\frac{\pi}{4} d^2 : \frac{\pi}{4} D^2 = 100 : \left(100 + 2 p_d + \frac{p^2_d}{100}\right) \qquad 3)$$

Da statt $\frac{\pi}{4}$ d^2 und $\frac{\pi}{4}$ D^2 die Größen g bez. G eingesetzt werden können, so sind die linken Seiten der Formeln 2 und 3 einander gleich, also:

$$\frac{100}{100 + p_g} = \frac{100}{100 + 2 p_d + \frac{p^2_d}{100}} \text{ oder}$$

$$p_g = 2 p_d + \frac{p^2_d}{100} \qquad 4)$$

Da p_d für die mittleren und höheren Lebensalter sehr klein ist, so darf $\frac{p^2_d}{100}$ gegen $2p_d$ vernachlässigt werden; das Flächenzuwachsprozent ist demnach gleich dem doppelten zugehörigen Stärkezuwachsprozent, also:

$$p_g = 2p_d.$$

§ 63. Berechnung des Massenzuwachsprozentes am liegenden Stamm.

Oben ist gezeigt worden, daß am zuwachsrecht entwipfelten Stamm die Volumina zu Anfang und zu Ende der Periode ausgedrückt werden durch die Formeln:

$$v = gh \text{ und } V = Gh.$$

Setzt man diese Ausdrücke für v und V in die Formel für das Volumenzuwachsprozent ein, so erhält man:

$$p_v = \frac{Gh - gh}{Gh + gh} \cdot \frac{200}{n} = \frac{G - g}{G + g} \cdot \frac{200}{n} \qquad 1)$$

Letzterer Ausdruck ist aber auch gleich p_g (vergl. oben S. 132), d. h. bei zuwachsrechter Entwipfelung ist das Volumenzuwachsprozent gleich dem Flächenzuwachsprozent der Mittenfläche.

Eine Untersuchungsreihe über die Höhen, in welchen das Flächenzuwachsprozent dem Massenzuwachsprozent gleich wird, hat ergeben, daß dieses infolge der Formveränderung am Schaft keineswegs immer in der Mitte des zuwachsrecht entwipfelten Stammes der Fall ist, sondern daß in dieser Beziehung erhebliche Schwankungen vorkommen und im allgemeinen der betr. Querschnitt bei 0,40—0,45 der Totalhöhe liegt.

Es ist deshalb angezeigt, bei der zuwachsrechten Entwipfelung nicht nur um n Höhentriebe, sondern, wie auch Preßler vorgeschlagen hat, weiter, und zwar mindestens um 1,3 bis 1,5 n Höhentrieb zurückzugehen. Bei sehr alten Stämmen, deren Höhenwachstum in der Regel nur ein äußerst geringfügiges ist, muß man noch erheblich weiter herunterrücken (2n bis 3n).

Setzt man in 1) für G und g die Werte $\frac{\pi}{4} D^2$ und $\frac{\pi}{4} d^2$ ein, so wird

$$p_g = \frac{\frac{\pi}{4}D^2 - \frac{\pi}{4}d^2}{\frac{\pi}{4}D^2 + \frac{\pi}{4}d^2} \cdot \frac{200}{n} = \frac{D^2 - d^2}{D^2 + d^2} \cdot \frac{200}{n} \qquad 2)$$

Preßler hat diesen Ausdruck noch dadurch umgestaltet sowie für die Einrichtung und den Gebrauch von Tafeln brauchbarer gemacht, daß er $\frac{D}{D - d} = \frac{D}{z}$ als den „relativen Durchmesser" r bezeichnete.

Aus $\frac{D}{D - d} = \frac{D}{z} = r$ erhält man für D und d folgende Werte:

$$D = rz$$

$$d = rz - z = z\,(r - 1)$$

Substituiert man diese Werte in Formel 2 so hat man:

$$\frac{r^2z^2 - z^2(r-1)}{rz^2 + z^2(r-1)^2} \cdot \frac{200}{n} = \frac{r^2 - (r-1)^2}{r^2 + (r-1)^2} \cdot \frac{200}{n} = p_r \quad 3)$$

Für die Berechnung des Zuwachsprozentes nach vorwärts bezeichnet man $D + z$ als D_1, und erhält alsdann:

$$\frac{D}{D_1 - D} = \frac{D}{z} = r.$$

Hieraus wird in analoger Weise wie oben:

$$D = rz \text{ und } D_1 = z(r+1).$$

Bei Einführung dieser Werte in Formel 2 wird das Zuwachsprozent vorwärts:

$$p_v = \frac{z^2(r+1)^2 - r^2z^2}{z^2(r+1)^2 + r^2z^2} \cdot \frac{200}{n} = \frac{(r+1)^2 - r^2}{(r+1)^2 + r^2} \cdot \frac{200}{n} \quad 4)$$

Die Werte von p_r und p_v hat Preßler in Tafel 23 seines Hilfsbuches*) für alle Größen von $r = 2,0$ bis $r = 200$ zusammengestellt.

Auf die Berechnung des Zuwachsprozentes liegender Stämme kann in analoger Weise auch noch die Schneider'sche Formel $\frac{400}{nD}$ angewendet werden, deren Besprechung des Zusammenhanges wegen erst im § 65 folgt.

§ 64. Ermittelung des Massenzuwachsprozentes an stehenden Bäumen nach Preßler.

Die Berechnung der gegenwärtigen Masse stehender Bäume ist, wie früher erörtert, immer nur mit ungleich geringerem Genauigkeitsgrad möglich, als jene gefällter Stämme; in noch höherem Grade gilt dieses für Ermittelung des Massenzuwachses und Massenzuwachsprozentes. Die einzige Dimension, welche hierbei für den früheren Stamm annähernd richtig bestimmt werden kann, ist der Durchmesser bez. die Kreisfläche in Brusthöhe; bezüglich der übrigen massenbildenden Elemente, Höhe und Formzahl, ist man lediglich auf gutachtliche Schätzung angewiesen.

---

*) Preßler, Holzwirthschaftliche Tafeln, Berlin 1872.

Als Anhaltspunkte für diese Rechnungen hat Preßler folgende zwei Annahmen gemacht:

a. Es findet weder Höhen- noch Formzuwachs statt;

b. Höhenzuwachs ist noch vorhanden, und zwar ist derselbe proportional dem Stärkezuwachs, dagegen bleibt die Formzahl unverändert.

Im ersten Fall, welcher die Untergrenze des Zuwachsprozentes darstellt, lassen sich die Volumina v und V durch folgende Formeln ausdrücken:

$$v = \frac{\pi}{4} d^2 hf \quad \text{und} \quad V = \frac{\pi}{4} D^2 hf$$

Setzt man diese in die Formel des Volumenzuwachsprozentes, so wird:

$$p_1 = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 hf - \frac{\pi}{4} d^2 hf}{\frac{\pi}{4} D^2 hf + \frac{\pi}{4} d^2 hf} \cdot \frac{200}{n} = \frac{D^2 - d^2}{D^2 + d^2} \cdot \frac{200}{n} \qquad 1)$$

und bei Einführung des relativen Durchmessers r wie oben:

$$p_1 = \frac{r^2 - (r-1)^2}{r + (r-1)^2} \cdot \frac{200}{n} \qquad 2)$$

Im zweiten Fall ist der Voraussetzung gemäß:

$$h : H = d : D$$

oder

$$H = \frac{hD}{d}$$

Da

$$v : V = \frac{\pi}{4} d^2 hf : \frac{\pi}{4} D^2 Hf$$

so ist auch

$$v : V = \frac{\pi}{4} d^2 hf : \frac{\pi}{4} D^2 \frac{hD}{d} f$$

und

$$v : V = d^3 : D^3$$

Demgemäß ist:

$$p_2 = \frac{D^3 - d^3}{D^3 + d^3} \cdot \frac{200}{n} = \frac{r^3 - (r-1)^3}{r^3 + (r-1)^3} \cdot \frac{200}{n} \qquad 3)$$

Als Obergrenze des Zuwachsprozentes nimmt Preßler jenes Verhältnis an, in welchem auch noch längs des unbeasteten Teils eine Vergrößerung der Formzahl stattfindet und drückt dasselbe durch die Formel aus:

$$p_3 = \frac{D^{3\frac{1}{3}} - d^{3\frac{1}{3}}}{D^{3\frac{1}{3}} - d^{3\frac{1}{3}}} \cdot \frac{200}{n} = \frac{r^{3\frac{1}{3}} - (r-1)^{3\frac{1}{3}}}{r^{3\frac{1}{3}} + (r-1)^{3\frac{1}{3}}} \cdot \frac{200}{n} \qquad 4)$$

Die Ausdrücke für das Zuwachsprozent nach vorwärts sind analog folgende:

$$p_1 = \frac{D_1^2 - D^2}{D_1^2 + D^2} \cdot \frac{200}{n} = \frac{(r+1)^2 - r^2}{(r+1)^2 + r^2} \cdot \frac{200}{n}$$

$$p_2 = \frac{D_1^3 - D^3}{D_1^3 + D^3} \cdot \frac{200}{n} = \frac{(r+1)^3 - r^3}{(r+1)^3 + r^3} \cdot \frac{200}{n}$$

$$p_3 = \frac{D_1^{3^1/_3} - D^{3^1/_3}}{D_1^{3^1/_3} + D^{3^1/_3}} \cdot \frac{200}{n} = \frac{(r+1)^{3^1/_3} - r^{3^1/_3}}{(r+1)^{3^1/_3} + r^{3^1/_3}} \cdot \frac{200}{n}$$

Die Rechnung nach dem relativen Durchmesser wird dadurch vereinfacht, daß man für n so viele Jahresringe annimmt, als auf $^1/_2$ cm gehen. Dann ist

$$Z = 1 \text{ und } D = r$$

da
$$\frac{D}{D - d} = \frac{D}{D - (D - 1)} = \frac{D}{1}$$

Die Werte für p_1 sind in Tafel 23, jene für p_2 und p_3 in Tafel 24 von Preßler's Forstlichem Hilfsbuch enthalten, wo zwischen p_1 und p_2 noch zwei weitere Stufen (II und III) für die Exponenten $2^1/_3$ und $2^2/_3$ interpoliert sind.

Für den zweiten Fall besteht folgende Relation zwischen Stärkenzuwachsprozent und Massenzuwachsprozent:

$$v : V = d^3 : D^3 = 100^3 : (100 + p_d)^3$$

$$v : V = 100 \,.\, 100^2 : (100 \,.\, 100^2 + 3 \,.\, 100^2 p_d + 3 \,.\, 100 p_d^2 + p_d^3)$$

$$v : V = 100 : \left(100 + 3p_d + \frac{3p_d^2}{100} + \frac{p_d^3}{100^2}\right)$$

Vernachläßigt man die beiden letzten Glieder des Klammerausdruckes, so ergiebt sich $\frac{v}{V} = \frac{100}{100 + 3p_d}$, d. h. das **Massenzuwachsprozent ist gleich dem dreifachen Stärkezuwachsprozent.** Die Untergrenze und die Obergrenze des Zuwachsprozentes sind in entsprechender Weise das doppelte bez. das dreiundeinhalbfache des Stärkezuwachsprozentes.

Um in einem konkreten Fall entscheiden zu können, welche der verschiedenen Formeln zur Berechnung des Zuwachsprozentes anzuwenden sind, hat **Preßler** eine Tabelle angegeben, in welcher dieses in Relation zum Höhenzuwachs und Kronenansatz gebracht wird.

Beim Kronenansatz	und beim Höhenzuwachs: scheinbar fehlend	mittelmäßig	voll*)	übervoll
	schätze nach Stufe:			
tief ($^1/_2$ h oder tiefer)	II	III$^1/_2$	IV	IV$^1/_2$
mittel (zwischen $^1/_2$ und $^3/_4$ h)	II$^1/_2$	III	IV$^1/_2$	V
hoch ($^3/_4$ h und höher)	III	IV	V	

Den einzelnen Stufen entsprechen folgende Exponenten von D bez. r in obigen Formeln:

Stufe II	Exponent	$2^1/_3$
„ III	„	$2^2/_3$
„ IV	„	3
„ V	„	$3^1/_3$

Für Stufe I (Höhenzuwachs = 0 und Kronenansatz sehr tief) ist der Exponent = 2, also das Massenzuwachsprozent = dem Flächenzuwachsprozent der Grundfläche.

Diese Anleitung zur Schätzung der Zuwachsstufe ist unrichtig, weil ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen Massenzuwachs und Höhenzuwachs nicht besteht; das Maximum des laufendjährlichen Massenzuwachses fällt häufig in jene höhere Altersstufen, in welchen der Höhenzuwachs kaum noch meßbar ist. Man ist deshalb für die Anwendung der Preßler'schen Formel immer auf Einschätzung der Zuwachsstufe nach gutachtlichem Befinden angewiesen.

§ 65. Berechnung des Zuwachsprozentes stehender Stämme nach Schneider.

Schneider**) betrachtete die Zuwachsverhältnisse der Stämme lediglich nach der Zunahme der Durchmesser bez. der Kreisflächen und setzte voraus, daß der Höhenzuwachs fehle und die Formzahl in der nächsten Zeit eine Veränderung nicht erfahren werde.

*) Voller Höhenzuwachs ist vorhanden, wenn $\frac{H}{H-h} = \frac{D}{D-d}$. (G. König.)

**) Schneider war Professor der Mathematik an der Forstakademie Eberswalde und hat diese Formel im Jahre 1853 publiziert.

Als Maßstab für den Stärkezuwachs nimmt Schneider den Quotienten an, welcher sich ergiebt, wenn man den Zuwachs von der Stärke eines cm (Zolles) durch die Anzahl Jahre dividiert, welche der Baum braucht, um im Radius um einen cm (Zoll) stärker zu werden.

Besitzt der Zuwachsring eine Stärke von $\frac{1}{n}$ der betr. Maßeinheit (Zentimeter, Zoll), so wird, wenn man den gegenwärtigen Durchmesser mit D bezeichnet, der Durchmesser des letzten Jahres $D - \frac{2}{n}$, jener des folgenden Jahres $D + \frac{2}{n}$ betragen. Der jetzige Inhalt des Baumes ist $\frac{\pi}{4}D^2hf$, jener des vorjährigen $\frac{\pi}{4}\left(D - \frac{2}{n}\right)^2 hf$, jener des folgenden $\frac{\pi}{4}\left(D + \frac{2}{n}\right)^2 hf$.

Der letztjährige Zuwachs ist:

$$\frac{\pi}{4}D^2hf - \frac{\pi}{4}\left(D - \frac{2}{n}\right)^2 hf = \frac{\pi hf}{4}\left(\frac{4D}{n} - \frac{4}{n^2}\right),$$

das Zuwachsprozent wird demnach:

$$\frac{\pi}{4}D^2hf : \frac{\pi hf}{4}\left(\frac{4D}{n} - \frac{4}{n^2}\right) = 100 : p$$

$$D^2 : \left(\frac{4D}{n} - \frac{4}{n^2}\right) = 100 : p$$

$$p_r = \frac{400}{nD} - \frac{400}{n^2D^2}$$

Setzt man die gegenwärtige Masse des Baumes zu der nächstjährigen in Relation, so erhält man:

$$p_v = \frac{400}{nD} + \frac{400}{n^2D^2}$$

In beiden Fällen verschwindet $\frac{400}{n^2D^2}$ gegen $\frac{400}{nD}$, so daß also die Formel lautet:

$$p = \frac{400}{nD}$$

Die Schneider'sche Formel entspricht der Preßler'schen Minimalstufe und trifft daher für die Berechnung des Massenzuwachsprozentes liegender Stämme aus der Mittelstärke genau zu, liefert aber beim stehenden Stamm in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle zu geringe Resultate.

Stötzer*) hat deshalb eine entsprechende Erweiterung der Schneider'schen Formel gegeben.

Oben wurde gezeigt, daß für den Fall gleichbleibender Form, aber vollen Höhenzuwachses die Volumina sich verhalten wie die dritten Potenzen der Durchmesser.

Berechnet man das Zuwachsprozent nach Schneider unter dieser Voraussetzung, so ist:

$$M : (M + z) = D^3 : \left(D + \frac{2}{n}\right)^3$$

$$\text{oder } 100 : (100 + p) = D^3 : \left(D^3 + \frac{6D^2}{n} + \frac{12D}{n^2} + \frac{8}{n^3}\right)$$

$$100 : p = D^3 : \left(\frac{6D^2}{n} + \frac{12D}{n^2} + \frac{8}{n^3}\right)$$

$$p_r = \frac{600}{nD} + \frac{1200}{n^2D^2} + \frac{800}{n^3D^3}$$

Für die vorjährige Masse ergiebt sich in analoger Weise:

$$p_v = \frac{600}{nD} - \frac{1200}{n^2D^2} + \frac{800}{n^3D^3}$$

Läßt man in beiden Fällen $\frac{800}{n^3D^3}$ außer Ansatz und nimmt die Mitte aus beiden Prozenten, so ist:

$$p = \frac{600}{nD}.$$

Stötzer hat noch als weiteren Fall angenommen, daß die Höhen im Verhältnis der Durchmesserquadrate wachsen, was dann zutrifft,

---

*) Zeitschr f. Forst- u. Jagdwesen, 1880, p. 457 ff.

wenn die Bäume als Paraboloide betrachtet werden dürfen. Alsdann ist:

$$m : M = d^2h : D^2H$$

$$m : M = d^2h : \frac{D^4}{d^2}h$$

$$m : M = d^4 : D^4.$$

Hier verhalten sich also die Massen der zu vergleichenden Baumkörper, wie die vierten Potenzen der Durchmesser.

Das Zuwachsprozent wird alsdann:

$$100 : (100 \pm p) = D^4 : \left(D \pm \frac{2}{n}\right)^4$$

und nach einiger Reduktion erhält man:

$$p = \frac{800}{nD}$$

Das Preßler'sche Verfahren ist insofern von dem Schneider-schen verschieden, als es nicht den eben laufenden Zuwachs zu Grunde legt, sondern eine Zuwachsperiode vorwärts und eine rückwärts unterscheidet.*)

Man kann auch mit der Schneider'schen Formel den künftigen bez. den rückwärts liegenden Zuwachs ermitteln, wenn man nicht den gegenwärtigen Durchmesser einsetzt, sondern jenen, welcher der Mitte der kommenden bezw. der vergangenen Periode entspricht.

Die beiden besprochenen Formeln sind für die Berechnung des Zuwachsprozentes gleichmäßig geeignet, jene von Schneider ist für die Rechnung bequemer, ein Umstand, welcher bei der Preßler'schen Formel durch die Hilfstafeln ausgeglichen wird.

Die Schwierigkeit für ihre Anwendung liegt in der Unmöglichkeit, bei der Preßler'schen Formel den jeweils einzuführenden Exponenten bez. die Konstante für die Schneider'sche Formel genau zu bestimmen.

Der von Preßler empfohlene Weg Kronenansatz und Höhenwachstum dabei zu berücksichtigen, ist ganz ungeeignet, weil die Breite

*) Die Schneider'sche Formel sowohl als auch jene von Preßler lassen sich aus einer älteren von König angegebenen ableiten, welche dieser in Laurop's Jahrbüchern 1823 veröffentlicht hat.

der letzten n Jahresringe weniger durch diese, als von der gedrängten oder freien Stellung des Baumes in der betr. Periode, und von den unmittelbar vorausgegangenen wirtschaftlichen Operationen, namentlich Lichtstellung u. s. w. abhängt.

Wenn man auch vom letztgenannten Fall absieht, so sind die Schwankungen im Verhältnis des Stärkenzuwachses zum Massenzuwachs innerhalb des gleichen Bestandes doch ungemein bedeutend. Bei einer Untersuchung über diese Verhältnisse*) hat sich ergeben, daß die Grenzen, innerhalb welcher das Verhältnis des Stärkenzuwachsprozentes zum Massenzuwachsprozent schwankt, viel weiter sind, als gewöhnlich angenommen wird. Dieselben waren hierbei nicht: 2 und 3,5, sondern 2,23 und 6,37; im allgemeinen nimmt der Quotient $\frac{\text{Massenzuwachsprozent}}{\text{Stärkezuwachsprozent}}$ mit dem Alter ab; in welcher Weise jedoch diese Abnahme erfolgt, ist bis jetzt noch nicht ermittelt. In der gleichen Untersuchungsreihe variirten die Schneider'schen Konstanten zwischen: 928 und 457, welche Extreme bemerkenswerter Weise in dem gleichen Bestande vorkamen.

Im allgemeinen läßt sich nur sagen, daß die Exponenten bez. Konstanten um so höher sind, je jünger und wuchsfreudiger das betr. Individuum ist. In angehend haubaren (jedoch nicht überalten) Beständen von mittleren Schlußverhältnissen wird man je nach den Verhältnissen der Exponenten $2\frac{1}{2}$—3 bez. die Konstanten 500—600 anwenden, hat jedoch wohl zu berücksichtigen, ob in der letzten Zeit solche wirtschaftliche Operationen am Bestand vorgenommen worden sind, welche das Verhältnis des Stärkezuwachses in Brusthöhe gegen jenen in den mittleren Stammpartien erheblich verändert haben.

II. Zuwachs-Ermittelung an Beständen.

§ 66. Einleitung.

Während es möglich ist, am Einzelstamm den Entwickelungsgang der Masse und den einzelnen massenbildenden Faktoren für jede beliebige, rückwärts gelegene Periode, sowie für das Gesamtalter mit aller

*) Schwappach, über Zuwachsprozente, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1888, p. 467.

Schärfe zu verfolgen, giebt es keine Methode, welche gestattet, mit der gleichen Exaktheit die nämlichen Untersuchungen an einem Bestand auszuführen.

Der Grund hierfür liegt in dem Abgang an Stämmen, welcher aus verschiedenen Ursachen fortwährend erfolgt.

Analysen an Probestämmen zeigen stets nur den Entwickelungsgang der jetzt noch vorhandenen Individuen, geben dagegen keinen Aufschluß bezüglich der sogenannten Ergänzungsstämme, welche mit jenen zusammen den Vollbestand in den früheren Lebensaltern gebildet haben.

Nur der Gang des Höhenwachstumes läßt sich mit einiger Sicherheit aus der Analyse der Probestämme des damaligen Bestandes ableiten.

Wenn man von der im großen und ganzen zutreffenden Annahme ausgeht, daß die höchsten Stämme des jugendlichen Bestandes in den späteren Lebensaltern von den schwächeren nicht mehr überholt werden, so kann man das Mittel aus den Höhenanalysen der Probestämme als jene Größe betrachten, welche dem Durchschnitt der höchsten Stämme dieses Bestandes in den früheren Lebensaltern, der Oberhöhe, entspricht. Um vollständig sicher zu gehen, zieht man nicht die Probestämme aus sämtlichen Klassen, sondern nur jene aus den stärksten und damit auch höchsten Klassen für diese Untersuchung heran.

Es ist nun nachgewiesen, daß zwischen dem Gang der Oberhöhe und Mittelhöhe ein gesetzmäßiger Zusammenhang besteht, so daß es möglich ist, aus der einen die andere abzuleiten.

So gilt z. B. für die Kiefer in Norddeutschland folgendes Verhältnis:

Mittelhöhe	Oberhöhe	Differenz	Mittelhöhe	Oberhöhe	Differenz
m	m	dcm	m	m	dcm
6	6,2	2	18	18,9	9
8	8,3	3	20	21,0	10
10	10,5	5	22	23,0	10
12	12,6	6	24	24,9	9
14	14,7	7	26	26,8	8
16	16,8	8	28	28,7	7

Bezüglich der Masse und Kreisfläche ist ein solcher Zusammenhang bis jetzt noch nicht gefunden.

Will man für diese die entsprechenden Größen für einen rückwärts liegenden Zeitpunkt nicht bloß bezüglich der zur Zeit noch vorhandenen Stämme, sondern auch mit Einschluß der Ergänzungsstämme ermitteln, dann muß man die Hypothese annehmen, daß alle stärksten Stämme des Jungholzes in den alten Bestand mit aufgenommen worden sind. Man bestimmt alsdann in dem älteren Bestande durch Analyse an den Probestämmen die Kreisfläche, Masse und Höhe desselben in den früheren Lebensaltern. Hierauf braucht man nur von einem Bestande, welcher zur Zeit das jüngere Alter hat, diejenige Zahl von Stämmen vom stärksten beginnend abzuzählen, welche der Altbestand zur Zeit besitzt, um jenen Bestandesteil abzulösen, der mit ersterem in Parallele zu setzen ist. Wenn die Dimensionen desselben mit den durch Analyse vom Altbestand ermittelten übereinstimmen, so läßt sich annehmen, daß auch hinsichtlich der Ergänzungsstämme Übereinstimmung bestanden hat. Man unterstellt alsdann, daß der Altbestand in dem jüngeren Alter die gleiche Höhe, Kreisfläche und Masse besessen haben dürfte, welche dem Vergleichsbestande zur Zeit zukommen.

Bei Ausführung solcher Untersuchungen wird gewöhnlich nicht die gesamte Stammzahl des Altbestandes, sondern nur ein Teil desselben, z. B. die 200 stärksten Stämme in Betracht gezogen, und zwar teils aus praktischen Gründen, teils weil die Zahl der Stämme, welche aus der stärksten Klasse im Verlauf der Jahre ausscheiden und durch schwächere ersetzt werden, umso geringer ist, je kleiner die Stammzahl jener Klasse genommen wird.

§ 67. Begriff der Ertragstafeln.

Ungleich praktischer und bequemer als die Methode der direkten Zuwachsuntersuchung am konkreten Bestand ist jene des Vergleiches mit den Verhältnissen anderer, unter den gleichen Bedingungen erwachsener Bestände.

Der Zuwachsgang einer Holzart läßt sich nämlich durch eine Kurve darstellen, deren Abszissen die fortschreitenden Altersjahre, deren Ordinaten aber die den letzteren entsprechenden Massen, Durch-

schnittzuwachse, Höhen, Kreisflächen u. s. w. sind, je nachdem man das eine oder andere dieser Elemente in Betracht zieht.

Der Gang dieser Kurve ist verschieden nach Holzarten und Bonitäten, man kann daher nicht aus einer Zuwachskurve die anderen ableiten. Da die Bonitäten in der Natur nicht scharf getrennt sind, sondern ganz allmählich ineinander übergehen, so ist es stets von den jeweils maßgebenden Erwägungen abhängig, wie viele Bonitäten ausgeschieden und der Aufstellung von Zuwachskurven zu Grunde gelegt werden sollen.

Diese Zuwachskurven sind graphische Darstellungen des Inhaltes der Ertragstafeln, in welchen die Beobachtungen über den Entwickelungsgang der Bestände ziffernmäßig zusammengestellt sind.

Unter Ertragstafeln versteht man tabellarische Darstellungen des Wachstumsganges einer Holzart für bestimmte Bestandeskategorien, welche die Massen und Zuwachsgrößen, sowie in der Regel auch die massenbildenden Faktoren: Stammzahl, Stammgrundfläche, Bestandeshöhe, Formzahl u. s. w. für die einzelnen Altersstufen und die Flächeneinheit (Hektar) getrennt nach Bonitäten, sowie unter Voraussetzung normaler Bestockung und Entwickelung enthalten.

Normale Bestände sind nach der Definition des Ver. d. forstl. Vers.-Anst. solche, welche nach Maßgabe der Holzart und des Standortes bei ungestörter Entwickelung auf größeren Flächen (0,25 ha Minimum) als die vollkommensten zu betrachten sind.

In der Litteratur unterscheidet man: Idealerträge, Normalerträge und Realerträge. Gegenwärtig werden bei Aufstellung der Ertragstafeln nur die normalen Verhältnisse und Erträge zu Grunde gelegt.

Ertragstafeln, welche nur für ein kleineres Gebiet mit gleichartigen Wachstums- und Wirtschaftsverhältnissen entworfen sind, bezeichnet man als lokale, im Gegensatz zu den allgemeinen, für deren Aufstellung das Material aus einem größeren Gebiete mit verschiedenartigen Wachstumsverhältnissen erhoben worden ist.

Die erste Anleitung zur Aufstellung von Ertragstafeln rührt von Réaumur aus dem Jahre 1721 her. In Deutschland hat Oettelt 1765 zuerst einen derartigen Vorschlag gemacht, während Paulsen 1787 die ersten Ertragstafeln in unserem Sinne wirklich aufgestellt hat. Auch Hennert teilt in seiner „Anweisung zur Taxation der Forsten" 1791, Angaben über die Haubarkeitserträge für Kiefer- und für Niederwaldungen mit. Seit Beginn des 19. Jahrhunderts folgten alsdann

zahlreiche Tafeln von: G. L. Hartig, H. Cotta, Hundeshagen, Pfeil, Grebe u. s. w.

§ 68. Methoden zur Aufstellung von Ertragstafeln.

1. Wiederholte Aufnahme desselben Bestandes.

Wenn man den Wachstumsgang der Bestände genau verfolgen will, so wäre anscheinend die fortwährende Beobachtung einer oder mehrerer sorgfältig ausgewählter Probeflächen das beste Mittel, namentlich deshalb, weil die Gleichheit der Bonität am besten gewahrt ist.

Man müßte aber eine ganze Umtriebszeit warten, bis die Tafeln fertig sein würden, während man doch solche möglichst bald zu erhalten wünscht. Außerdem kommt auch noch in Betracht, daß innerhalb eines solchen Zeitraumes die Ansichten über die zweckmäßigste wirtschaftliche Behandlung der Bestände wechseln und die so gewonnenen Resultate alsdann doch den konkreten Verhältnissen nicht entsprechen würden.

2. Wiederholte Aufnahme mehrerer Bestände verschiedenen Alters.*)

Um rascher zum Ziel zu kommen, wurde vorgeschlagen, für die einzelnen Bonitäten Probeflächen verschiedenen Alters mit gleichen Abständen etwa von 20 zu 20 Jahren, oder wenn dieses nicht möglich ist, mit ungleichen Altersabstufungen auszuwählen und an jeden derselben nur ein Stück der Wachstumskurve zu beobachten, so daß durch Kombination derselben der ganze Entwickelungsgang dargestellt wird.

Um eine Bürgschaft dafür zu haben, daß die Bestände wirklich der gleichen Bonität angehören, wird verlangt, daß die Massen der verschiedenen als Repräsentanten derselben ausgewählten Bestände im gleichen Alter die nämlichen seien.

Wenn nun auch dieses Verfahren in seiner ursprünglichen Form, wegen der Unmöglichkeit Bestände von genau gleichartigem Entwickelungsgang auszuwählen, nicht zur Durchführung geeignet ist, so besteht doch gegenwärtig darin fast vollständige Einstimmigkeit der Ansichten, daß nur die längere Beobachtung von Probeflächen die besten Anhaltspunkte für die Aufstellung von Ertragstafeln sowohl für

*) Carl Heyer, Aufruf zur Gründung eines forststatistischen Vereines 1845, p. 120 und Eduard Heyer, über Aufstellung von Holzertragstafeln Allg. Forst- und Jagdzeitung 1857 p. 329.

die Haupterträge als auch für die Vorerträge gewährt, weil man hierdurch Kurvenstücke erhält, welche den thatsächlichen Verhältnissen entnommen sind und weil hierdurch möglichste Gleichheit der wirtschaftlichen Behandlungsweise garantiert wird; letzteres wird umsomehr der Fall sein, je länger die Probeflächen beobachtet werden konnten.

Selbstverständlich ist es nötig, für jede Bonität eine größere Anzahl von Probeflächen zur Verfügung zu haben, weil die Ertragstafeln das durchschnittliche Verhalten der Bestände darstellen sollen, und der Einfluß störender Momente auf diese Weise am besten ausgeglichen wird. Außerdem ist auch zu berücksichtigen, daß aus verschiedenen Ursachen im Laufe der Zeit stets Probeflächen unbrauchbar werden, und schon deshalb eine Mehrzahl derselben notwendig ist, damit keine Lücken in den Beobachtungsreihen entstehen.

3. Ableitung von Ertragstafeln aus der einmaligen Aufnahme verschiedenaltriger Bestände.

Die vorige Methode erfordert unter allen Umständen immerhin eine längere Reihe von Jahren, ehe es möglich ist, Ertragstafeln aufzustellen. Da aber der Wunsch und das Bedürfnis vorliegt, möglichst rasch in den Besitz von solchen zu gelangen, so sind fast sämtliche vorhandene Ertragstafeln in der Weise abgeleitet, daß man für jede der verschiedenen Bonitäten eine bald größere, bald geringere Anzahl von Probeflächen aufgenommen und aus den Resultaten dieser Untersuchungen Ertragsreihen zusammengestellt hat.

Es ist jedoch dem gewandtesten und geübtesten Taxator nicht möglich, rein gutachtlich die Probeflächen in der Weise als typische Repräsentanten der ja immerhin ganz willkürlich ausgeschiedenen Bonitäten auszuwählen, daß beim Auftragen ihrer Massen als Ordinaten für die entsprechenden Alter als Abszissen, durch Verbindung der Ordinatenendpunkte sofort eine brauchbare Zuwachskurve entstünde, sondern es sind hierfür stets gewisse Anhaltspunkte erforderlich. In Bezug auf letztere lassen sich zwei prinzipiell verschiedene Methoden unterscheiden, nämlich einerseits das sogenannte Weiserverfahren, und das Verfahren des Professor Baur (Streifenverfahren) andrerseits.

Das Weiserverfahren gründet sich auf die Thatsache, daß der ältere Bestand aus dem jüngeren hervorgegangen ist, und es also

möglich sein muß durch Analyse von Probestämmen, welche nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewählt werden, die Masse oder die massenbildenden Faktoren abzuleiten, welche die Stämme eines haubaren Bestandes (Weiserbestand) in ihren früheren Lebensaltern besessen haben. Wenn zwischen den auf dem Wege der Analyse ermittelten Daten und den gegenwärtigen entsprechenden Elementen eines jüngeren Bestandes Übereinstimmung besteht, dann wird vorausgesetzt, daß die verschiedenen Bestände einer Ertragsreihe angehören und ferner, daß sowohl der ältere Bestand im jüngeren Alter dieselbe Masse u. s. w. gehabt habe wie der Vergleichsbestand, als auch, daß letztere im späteren Alter sich ebenso verhalten werde, wie der Weiserbestand.

Seutter machte schon 1799 den Versuch, auf dem Wege von Stammanalysen den Zuwachsgang der Bestände zu ermitteln und darzustellen, auch Hoßfeld gab 1823 eine Anleitung, die Höhen, Stärken und Holzmassen in den früheren Altersepochen durch Stammanalysen abzuleiten. Das erste durchgebildete Weiserverfahren rührt von dem bayerischen Salinenforstinspektor Huber her, welcher 1824 lehrte, man solle in einem normalen haubaren Weiserbestand die Stärke des Mittelstammes in den früheren Altersperioden erheben. Bestände, deren Mittelstämme im entsprechenden Alter die gleiche Stärke hätten wie der Weiserbestand, besäßen auch den gleichen Standort bez. gehörten einer Ertragsreihe an.

Das Huber'sche Verfahren ist deshalb unrichtig, weil durch Analyse des gegenwärtigen Mittelstammes nicht jener der jüngeren Bestände abgeleitet werden kann. Dieser muß wegen der noch vorhandenen Ergänzungsstämme umso geringer sein als jener, je jünger der Bestand ist.

Robert Hartig vergleicht (unter Weiterbildung der von seinem Vater Theodor Hartig angegebenen Methode) hauptsächlich die stärksten Baumklassen des jüngeren Bestandes und sagt: „Zeigen die stärksten Stammklassen eines jüngeren Bestandes dasselbe Höhen- und Stärkewachstum sowie einen gleichen Massengehalt, wie die gleiche Zahl der stärksten Stämme des Weiserbestandes in demselben Alter besessen hat, so wird daraus der Schluß gezogen, daß die Standortsgüte beider Bestände die gleiche ist, daß also der junge Bestand gewissermaßen eine frühere Altersstufe des Weiserbestandes repräsentiert und darum als ein Glied der zu entwerfenden Ertragstafel angesehen werden kann."

Wagener schließt sich insofern an das Hartig'sche Verfahren an, als er ebenfalls nur die Zahl der Stämme des Haubarkeits-

bestandes von den jüngeren Stämmen zum Vergleich heranzieht. Er bildet keine Klassen, sondern geht von dem Mittelstamm aus, für welchen er keine vollständige Stammanalyse fordert, sondern nur Höhenanalyse, Ermittelung des Stärkezuwachses in Brusthöhe und Berechnung der Baummassen in den frühen Lebensaltern mit Hilfe von Massentafeln. Hierdurch soll die Arbeit vereinfacht und die Fällung einer größeren Anzahl von Probestämmen ermöglicht werden, deren Durchschnitte als Grundlage für die Vergleichung dienen.*)

Im Gegensatz zu dem Weiserverfahren ermittelt Baur auf rein graphischem Wege die Zuwachskurven in folgender Weise:**)

Nachdem möglichst viel Bestände aus den verschiedensten Bonitäten und Altersklassen aufgenommen worden sind, werden die Massen der einzelnen Bestände als Ordinaten für die korrespondierenden Alter als Abszissen aufgetragen.

Hierauf zieht man zunächst durch die höchsten und ebenso durch die niedrigsten der aufgetragenen Punkte oder doch möglichst nahe an denselben vorüber eine Kurve, welche die obere und untere, mittlere Grenze der in den verschiedenen Lebensaltern vorkommenden Massen darstellt. Alsdann teilt man den Raum zwischen den beiden Grenzkurven in soviel flächengleiche Streifen, als Bonitäten ausgeschieden werden sollen; in der Mitte eines jeden Streifens wird sodann eine Kurve gezogen, welche den Gang des Massenwachstums in der betreffenden Bonität darstellt.

Jene Probeflächen, deren Ordinatenendpunkte innerhalb des nämlichen Streifens liegen, gehören der gleichen Bonität an: ihre Höhen, Kreisflächen, Stammzahlen werden dann dazu benutzt, um in gleicher Weise auf graphischem Wege den Entwickelungsgang dieser Elemente für die betreffende Bonität abzuleiten.

Es muß anerkannt werden, daß durch die graphische Darstellung der Aufnahmeergebnisse möglichst ungleichaltiger und aus den verschie-

---

*) G. Wagener, Anleitung zur Regelung des Forstbetriebes, 1875 p. 181 bis 204, und Wagener, Aufstellung von Ertragstafeln nach dem Wachstumsgang der in den haubaren Hochwaldsbeständen verbliebenen Stämme. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, 1889 p. 65 ff.

**) Baur, Holzmeßkunde, 3. Aufl., 1882 p. 241 ff.

densten Bonitäten entnommener Probeflächen der beste Überblick über die Wachstumsleistungen des betreffenden Gebietes ermöglicht wird, sowie daß die Beurteilung der Bonität auf Grund der Massenproduktion gewiß ungleich richtiger und sicherer erfolgt, als durch gutachtliches Ansprechen; allein es liegt a priori nur die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit, keineswegs aber ein innerer Grund dafür vor, daß die einzelnen Bestände den gleichen Wachstumsgang verfolgen werden, welchen die Mittelkurve derjenigen Bonität darstellt, welcher sie auf Grund des Streifenverfahrens zugeteilt sind.

Wenn sich deshalb die von Baur vorgeschlagene Methode des Verzeichnens der Aufnahmsergebnisse und der Ableitung des Entwickelungsganges der einzelnen massenbildenden Elemente vortrefflich bewährt, so empfiehlt es sich doch zur Beurteilung der Zusammengehörigkeit verschiedenaltriger Bestände und demgemäß des Verlaufs der einzelnen Bonitäts-Mittel- und Grenzkurven die Methode des Weiserverfahrens zu benutzen, indem man den immerhin leicht und genügend sicher zu ermittelnden Höhenwachstumsgang der einzelnen Probeflächen vergleicht. Da durch die Höhenanalyse aus den früher angegebenen Gründen nicht die jeweilige Mittelhöhe des Bestandes direkt abgeleitet werden kann, so muß für diese Zwecke die Oberhöhenkurve desselben festgestellt werden, aus welcher in bereits bekannter Weise die Mittelhöhenkurve leicht gefunden werden kann.

Die Auswahl von Weiserbeständen erfolgt nach der auf Grund der Massenwachstumsleistung anzunehmendeu Ausscheidung der Bonitäten. Jene Bestände, welche in ihrer Höhenentwickelung einen ähnlichen Gang verfolgen wie die Weiserbestände, können dann zur Herleitung der Wachstumskurve für die Massen, Kreisflächen u. s. w. auf graphischem Wege benutzt werden.

Anstatt die Bonitäten erst durch die Teilung der Aufnahmsergebnisse abzugrenzen, kann man auch von vorn herein gewisse Massen im Haubarkeitsalter als Kriterien für die verschiedenen Bonitäten bezeichnen, wie es jetzt vom Verein der deutschen forstlichen Versuchs-Anstalten geschehen ist. So sollen hiernach z. B. für die Kiefer die Bonitäten im Alter von 100 Jahren durch die Massen 700, 550, 420, 300 und 200 fm charakterisiert sein.

§ 69. Anwendung der Ertragstafeln.

Wenn nun solche Ertragstafeln vorliegen und auf Grund derselben der Wachstumsgang eines bestimmten Bestandes für die früheren oder für die kommenden Lebensjahre angegeben werden soll, so fragt es sich zunächst, welche der verschiedenen Kurven seiner Entwickelung entsprechen wird, oder mit anderen Worten, welcher Bonität gehört der betreffende Bestand an?

Die Lösung dieser Aufgabe ist dadurch sehr vereinfacht, daß durch die neueren Ertragsuntersuchungen ein gesetzmäßiger Zusammenhang für Masse und Höhe innerhalb der gleichen Wachstumsgebiete insofern nachgewiesen ist, als bei dem nämlichen Alter die größere Höhe der größeren Masse und demnach auch der besseren Bonität entspricht.

Die Bestandesmittelhöhe bildet also wenigstens für die mittelalten und alten Bestände einen Weiser für die Bonität und zur Bestimmung der letzteren ist nur die Ermittelung des Alters und der Mittelhöhe des Bestandes nötig.

Stimmt die Mittelhöhe des Bestandes ganz oder nahezu mit einem der in der Ertragstafel für das betreffende Alter angegebenen Beträge überein, so können die Angaben der betreffenden Zuwachsreihe für ersteren benutzt werden, und es ist nur noch die Abweichung der Beschaffenheit des Bestandes von der normalen zu berücksichtigen, welche durch das Verhältnis der Kreisflächensumme des Bestandes zu jener der Tafeln gemessen wird; weniger sicher ist das gutachtliche Ansprechen des Vollbestandsfaktors, da hier das subjektive Ermessen des Taxators einen zu bedeutenden Einfluß übt. Dieser ist ohne wirkliche Messungen gar nicht in der Lage zu wissen, wie seine Ansichten über Vollbestand sich zu jenen des Autors der Tafeln verhalten.

In dem Maße, als eine Differenz zwischen der normalen und konkreten Beschaffenheit eines Bestandes besteht, müssen jene Angaben der Tafel, welche durch den Schlußgrad bedingt sind, reduziert werden.

Wenn ein größerer Unterschied zwischen Mittelhöhe des Bestandes und jener der Tafeln besteht, so ist zunächst festzustellen, welches die nächstgelegene Höhenkurve ist, und haben die erforderlichen Reduktionen

unter Berücksichtigung sowohl dieser Abweichung als auch jener in der Normalität stattzufinden.

Die Höhe ist als Bonitätsweiser jedoch erst etwa vom 30. Lebensjahre an brauchbar, in jüngeren Beständen, sowie selbstverständlich auf Blösen, müssen die Produktionsfaktoren und die der Standortsgüte entsprechende Zuwachsreihe durch Untersuchung und gutachtliches Ansprechen, am zweckmäßigsten unter Berücksichtigung etwa in der Nähe befindlicher, auf ähnlichem Boden stockender älterer Bestände stattfinden.

Die Ertragstafeln, welche die Zuwachsgesetze normaler Bestände nach allen Richtungen zur Darstellung bringen, dienen nicht nur zur Ermittelung des Zuwachses von Beständen, sondern sind auch noch für viele andere Zwecke der Betriebsregulierung, Waldwertberechnung und forstliche Statik von größter Wichtigkeit.

§ 70. Zuwachsschätzung nach dem Durchschnittszuwachs.

Wie in § 56 (S. 115) bereits ausgeführt worden ist, steigt der Durchschnittzuwachs eines Bestandes im Anfang ziemlich rasch, ändert sich in der Periode vor und nach seiner Kulmination sehr wenig und nimmt auch dann zunächst langsam, dann aber schneller ab. Wenn es sich also darum handelt, anzugeben, welches der Zuwachs eines älteren, angehend haubaren oder haubaren Bestandes für die nächste nicht allzulange Periode (von etwa 10—20 Jahren) sein wird, so kann man den gegenwärtigen Durchschnittszuwachs entweder ganz unverändert oder auch mit nur ganz geringem Abzug als laufendjährlichen Zuwachs dieses Zeitraumes annehmen. Für jüngere Bestände, welche vom Alter der Kulmination des Durchschnittszuwachses noch weiter entfernt sind, wird der laufendjährliche Zuwachs für die kommende Periode am besten nach Ertragstafeln bestimmt; fehlen geeignete Ertragstafeln, so kann der Zuwachs nach jenem der nächstgelegenen älteren ermittelt werden.

Wenn die Aufgabe gestellt ist, den gesamten Zuwachs eines Bestandes durch Angabe des Haubarkeitsdurchschnittszuwachses zu bestimmen, dann kann aus dem oben angeführten Grunde für alle Bestände, welche dem Haubarkeitsalter nahe stehen, der gegenwärtige Gesamtaltersdurchschnittszuwachs gleichzeitig als Haubarkeitsdurch-

schnittszuwachs angesehen werden; nur bei überalten Beständen würde die Abnahme des ersteren in Betracht zu ziehen sein.

Für jüngere Bestände ist die Angabe des Haubarkeitsdurchschnittszuwachses lediglich eine Modifikation des Verfahrens der Zuwachsermittelung nach Ertragstafeln, indem diesen hier statt des Vorrates im Abtriebsalter der betreffende Durchschnittszuwachs unter Berücksichtigung der konkreten Bestandesverhältnisse entnommen wird. Stehen Ertragstafeln nicht zur Verfügung, so können erfahrungsmäßige Sätze oder der Haubarkeitsdurchschnittszuwachs in der Nähe befindlicher älterer Bestände benutzt werden.

§ 71. Progressionsmäßig verringerter Zuwachs.

Wenn ein Bestand innerhalb einer Periode von n Jahren in regelmäßiger Hiebsfolge allmählich abgetrieben werden soll, so stellt der Zuwachs für diesen Zeitraum nahezu eine fallende arithmetische Reihe dar.

Erfolgt die erstmalige Nutzung am Ende des ersten Jahres dieser Periode, so ist der gesamte periodische Zuwachs

$$Z_1 = (a + u)\frac{n}{2}$$

worin a den Zuwachs der vollen Bestandesmasse im ersten Jahr, u jenen während des letzten Jahres und gleichzeitig die Differenz zwischen den einzelnen Gliedern, n die Anzahl der Jahre der Abtriebsperiode bedeutet.

Würde die erste Nutzung sofort bei Beginn der Periode erfolgen, so würde der Bestand nur noch n—1 Jahre wachsen und der Zuwachs im ersten Jahr bez. das erste Glied wäre $a \cdot \frac{n-1}{n}$.

Die Gesamtzuwachsleistung wäre in diesem Falle:

$$Z_2 = \frac{n-1}{2}\,[(a-u)+u] = a\frac{n-1}{2}$$

und da $$a = u \cdot n$$

so ist $$Z_2 = \frac{an}{2} - \frac{un}{2} = (a-u)\,\frac{n}{2}$$

Cotta machte bereits den Vorschlag, das Mittel von beiden Werten, nämlich $\frac{an}{2}$ bei der Berechnung des progressionsmäßig abnehmenden Zuwachses zu Grunde zu legen, so daß also der Gesamtzuwachs für die Abtriebsperiode gefunden wird, durch Multiplikation des am Anfang derselben vorhandenen Durchschnittszuwachses mit der halben Anzahl der Jahre der Periode. In dieser Weise wird die Rechnung für die Zwecke der Forsteinrichtung vielfach durchgeführt.

Diese Vorschrift entspricht jedoch nur beim Kahlschlagebetriebe der Wirklichkeit, da bei Naturverjüngung durch die lichtere Stellung der Schläge in der Regel eine, allerdings nach Holzart, Alter, und den sonstigen Verhältnissen verschiedene Steigerung des bisherigen Zuwachses der verbleibenden Stämme eintritt, so daß die Minderung infolge der Abnutzung hierdurch teilweise ausgeglichen wird.

§ 72. Ermittelung des Zuwachsprozentes ganzer Bestände durch direkte Untersuchungen.

Zu den Schwierigkeiten, welche mit den Zuwachsuntersuchungen im allgemeinen verknüpft sind, kommt für die Bestimmung des Zuwachsprozentes am Bestand noch der Umstand, daß dieses innerhalb der gleichen Abteilung von Stamm zu Stamm bei sonst gleichen Bedingungen ungemein wechselt, und es daher nur annäherungsweise als zulässig erscheint, die Probestämme, welche zur Ermittelung des Bestandesvorrates benutzt wurden, auch als Repräsentanten der Zuwachsverhältnisse zu betrachten. Jedenfalls ist es nötig, für diesen Zweck eine größere Anzahl von Probestämmen in Betracht zu ziehen, um individuelle Schwankungen zu vermeiden.

Bei feineren wissenschaftlichen Untersuchungen, welche wegen der umfangreichen und zeitraubenden Arbeit nur an einer beschränkten Anzahl von Probestämmen ausgeführt werden können, ist es deshalb notwendig, durch vorläufige Ermittelungen (Anbohren mittels des Zuwachsbohrers) festzustellen, ob die gewählten Probestämme den durchschnittlichen Zuwachsverhältnissen ihrer Klasse entsprechen.

Werden bei taxatorischen Arbeiten Massenermittelung und Zuwachsuntersuchung mit einander verbunden, so kann man die für ersteren Zweck ausgewählten Probestämme dann auch sehr gut für Bestimmung

des Zuwachsprozentes verwenden, wenn dieselben gefällt worden sind, weil auf diese Weise sowohl immerhin Repräsentanten der verschiedenen Bestandesklassen zur Untersuchung gelangen, als auch weil die Ermittelung des Massenzuwachses am liegenden Stamm ungleich sicherer ist, als am stehenden.

Wenn zu dem obengenannten Zwecke keine Fällungen vorgenommen wurden, wird man aus dem letztangeführten Grunde sonstige gefällte Stämme, welche dem betr. Bestand entnommen sind, bei der Zuwachsuntersuchung stets berücksichtigen.

Werden beide Arbeiten nicht kombiniert, dann ist es nicht unbedingt nötig, wenn auch immerhin vorzuziehen, zum Behuf der Ableitung des Zuwachsprozentes Massenprobestämme zu berechnen, sondern man kann die betr. Messungen auch ohne spezielle Auswahl an jenen Stämmen ausführen, welche die mittleren Wachstumsverhältnisse repräsentieren.

Nach den Untersuchungen von A. König, Steppuhn und Michaelis in Fichtenschlägen des Gahrenberger Reviers scheint es, daß die Zuwachsermittelungen an 10 bis 20 ziemlich willkürlich herausgegriffenen Mittelstämmen ganz gute Durchschnittswerte für einen annähernd gleichartigen Bestand liefern.

Wenn eine größere Anzahl von Probestämmen in Betracht kommt, dann ist es für die Bestimmung des Bestandeszuwachsprozentes auch nicht notwendig, daß an jedem Stamm mindestens zwei Untersuchungen an einander gegenüberliegenden Punkten vorgenommen werden, sondern es genügt eine einmalige, den Angriffspunkt ganz dem Zufall anheimgebende Berechnung.

Die Berechnung des Bestandeszuwachsprozentes kann entweder nach der Preßler'schen oder nach der Schneider'schen Formel erfolgen.

Das arithmetische Mittel aus den Zuwachsprozenten der Einzelstämme wird gewöhnlich als das Zuwachsprozent des Bestandes betrachtet.

Genauer läßt sich dieses aus folgenden Betrachtungen ableiten:

Wenn die Massen der Stärkeklassen eines Bestandes M_1, M_2.. und die zugehörigen Zuwachsprozente p_1, p_2 . . sind, so ist der Zuwachs der einzelnen Klassen für ein Jahr:

$$Z_1 = \frac{Mp_1}{100},\ Z_2 = \frac{Mp_2}{100}, \ldots$$

und der Gesamtzuwachs:

$$Z = Z_1 + Z_2 + \ldots = \frac{M_1 p_1}{100} + \frac{M_2 p_2}{100} + \ldots$$

Das durchschnittliche Zuwachsprozent ergiebt sich hieraus:

$$p = \frac{100\ Z}{M_1 + M_2 + M_3 + \ldots}$$

Diese Formel trifft jedoch nur für sehr kurze Zeiträume zu, für längere muß, bei Zugrundelegung des Preßler'schen Verfahrens, zuerst das Volumen der Probestämme zu Anfang (Zuwachsrechnung rückwärts) bez. zu Ende der Periode (Zuwachsrechnung vorwärts) bestimmt werden.

Sind p_1, p_2 . . die für diese Periode ermittelten Prozente, so sind die Massen der Klassen m_1 m_2 . . . zu Anfang der Periode nach der Preßler'schen Formel:

$$m_1 = M_1 \frac{200 - np_1}{200 + np_1},\ m_2 = M_2 \frac{200 - np_2}{200 + np_2},\ \ldots$$

und der Zuwachs während der Periode:

$$Z = (M_1 + M_2 + M_3 + \ldots) - (m_1 + m_2 + m_3 + \ldots)$$

oder:

$$Z = M - m$$

und hieraus:

$$p_r = \frac{M - m}{M + m} \cdot \frac{200}{n}$$

Soll das Zuwachsprozent für die kommende Periode berechnet werden, so erhält man die Massen M_1' M_2' . . der Klassen zu Ende der Periode in analoger Weise als:

$$M_1' = M_1 \frac{200 + np_1'}{200 - np_1'},\ M_2' = M_2 \frac{200 + np_2'}{200 - np_2'} \ldots$$

Der Massenzuwachs ist alsdann:

$$Z = (M_1' + M_2' \ldots) - (M_1 + M_2 \ldots) = (M' - M)$$

und das Zuwachsprozent:

$$p_v = \frac{M' - M}{M' + M} \cdot \frac{200}{n}$$

Das arithmetische Mittel aus den Zuwachsprozenten ist nur dann genau gleich dem nach dieser Formel berechneten, wenn die Stammklassen, für welche die Zuwachsprozente ermittelt worden sind,

gleiche Massen repräsentieren, eine Forderung, welche bei der Auswahl der Modellstämme nach dem Hartig'schen Verfahren am besten erfüllt wird.

Eine andere Vorschrift für die Berechnung des Bestandeszuwachsprozentes, welche auf der Schneider'schen Formel beruht, rührt von Borggreve her.*) Derselbe geht vom Flächenzuwachsprozent der zur Untersuchung herangezogenen Stämme aus.

Wie oben bereits angegeben, ist für kurze Zeiträume der Zuwachs:

$$Z = \frac{mp}{100}$$

Setzt man $m = \frac{\pi}{4} d^2$ und $p = \frac{400}{nd}$

so wird:

$$Z = \frac{\frac{\pi}{4}d^2}{100} \cdot \frac{400}{nd}$$

Das Zuwachsprozent für sämtliche Querflächen eines Bestandes ist alsdann:

$$100 : P = \left(\frac{\pi}{4}d_1^2 + \frac{\pi}{4}d_2^2 + \cdots\right) : \left(\frac{\frac{\pi}{4}d_1^2}{100} \cdot \frac{400}{n_1 d_1} + \frac{\frac{\pi}{4}d_2^2}{100} \cdot \frac{400}{n_2 d_2} + \cdots\right)$$

$$100 : P = (d_1^2 + d_2^2 + \cdots) : \left(\frac{4d_1}{n_1} + \frac{4d_2}{n_2} + \cdots\right)$$

$$P = \frac{100 \; . \; \Sigma \frac{4d}{n}}{\Sigma d^2}$$

Durch Einführung anderer Konstanten als 400 ist die Borggreve'sche Formel derselben Modifikation fähig wie die Schneider'sche und kann in dieser Weise den jeweiligen Zuwachsverhältnissen angepaßt werden.

Behufs bequemerer Ausführung der Rechnung hat Borggreve folgendes Schema empfohlen:

n	d	d^2	$\frac{4}{n}d$
1	2	3	4
	Sa:		

*) Borggreve, die Forstabschätzung, Berlin 1888, p. 42.

Es soll an jeder Querfläche n und d gemessen werden, dieselben werden in Spalte 1 und 2 des Schemas untereinander eingetragen, dann für die beiden letzten Spalten d^2 und $\frac{4}{n}d$ berechnet und schließlich die Summen von Spalte 3 und 4 gezogen. Das mittlere Flächenzuwachsprozent ist alsdann gleich:

$$\frac{100 \times \text{Sa. der Spalte 4}}{\text{Sa. der Spalte 3.}}$$

Wenn es möglich war die Querflächen an gefällten Stämmen ungefähr in der Mitte (besser etwas tiefer) zu messen, so ist das so erhaltene Flächenzuwachsprozent entsprechend den früheren Ausführungen bereits angegeben zugleich annähernd das Massenzuwachsprozent des Bestandes.

Werden aber die Messungen an stehenden Stämmen ausgeführt, so ist hier ebenso wie bei der Ermittelung des Zuwachsprozentes am Einzelstamme nur auf dem Wege der Schätzung bei der Preßler'schen Formel die Zuwachsstufe, bei der Schneider-Borggreve'schen Formel die Konstante zu bestimmen.

Um keine zu großen Resultate zu erhalten, dürfte es sich hier empfehlen, unter gewöhnlichen Verhältnissen in den haubaren Beständen als Exponenten für die Preßler'sche Formel $2^1/_3$—$2^2/_3$ (Stufe II oder III), für die Schneider'sche Formel aber die Konstanten 500—600 anzunehmen.

§ 73. Ermittelung des Zuwachsprozentes nach Ertragstafeln.

Bei der Unsicherheit, mit welcher die Bestimmung des Zuwachsprozentes stehender Stämme verbunden ist, und bei der hierdurch bedingten Schwierigkeit auf dem Wege direkter Untersuchung das Zuwachsprozent eines Bestandes festzustellen, empfiehlt es sich auch hierfür, ebenso wie bezüglich der Schätzung des absoluten Zuwachses, die Methode des Vergleiches mit dem Wachstumsgange normaler Bestände zu wählen. Die Ertragstafeln enthalten entweder das laufendjährliche Zuwachsprozent ausgerechnet, oder doch die Elemente, um dasselbe in einfacher Weise abzuleiten.

Diese Zuwachsprozente sind für normale, d. h. voll geschlossene Bestände berechnet. Der mittlere Schlußgrad ist jedoch meist etwas geringer, die Wachstumsleistung der älteren Bestände aber trotzdem hierdurch kaum merklich beeinträchtigt, wenn die fehlenden Stämme

den geringsten Stammklassen angehören, und der Abgang einzelner älterer Stämme aus den stärkeren Stammklassen infolge des hierdurch veranlaßten Lichtungszuwachses ihrer Umgebung nahezu ausgeglichen wird. Da demnach an der geringeren Masse innerhalb gewisser Grenzen der gleiche Zuwachs erfolgt wie an der normalen, so ist das Zuwachsprozent der Ertragstafeln dem geringeren Vorrate entsprechend etwas zu erhöhen. Es muß jedoch hierbei berücksichtigt werden, daß der Schlußgrad meist unterschätzt zu werden pflegt.*)

Anders liegen selbstverständlich die Verhältnisse, wenn es sich um die Ermittelung des Zuwachsprozentes in Beständen handelt, welche in natürlicher Verjüngung befindlich sind, oder bei denen aus irgend einer anderen Ursache ein stärkerer Eingriff in die Bestandesmasse stattgefunden hat. Hier ist die Bestimmung nur durch direkte Untersuchung möglich unter sorgfältiger Beachtung des Umstandes, daß das Verhältnis des Zuwachses in Brusthöhe zu jenem in der Stammmitte bei derartigen Beständen anders ist, als in geschlossenen gleichaltrigen Orten.

§ 74. Berechnung des Zuwachses mit Hilfe des Zuwachsprozentes.

Wenn das Zuwachsprozent bekannt ist, so kann der Zuwachs eines Bestandes auf doppelte Weise berechnet werden.

Für kurze Perioden und vorgehend haubaren oder haubaren Beständen, bei denen das Zuwachsprozent sich nicht erheblich ändert, genügt die Formel:

$$Z = \frac{Mp}{100} \cdot n$$

Genauere Resultate erhält man unter Benutzung der Formel:

$$p = \frac{M - m}{M + m} \cdot \frac{200}{n}$$

a. Rückwärts. Bedeutet M die jetzige Masse und m jene zu Anfang der Periode, so wird diese mit Hilfe des bekannten Zuwachsprozentes durch folgenden Ausdruck gefunden:

$$m = M \cdot \frac{200 - np}{200 + np}$$

---

*) Weise, Studien über den Schluß der Bestände und seine Einwirkung auf den Zuwachs. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1889, p. 130.

Der absolute Massenzuwachs während dieser Periode ist:

$$Z = M - m.$$

b. Vorwärts. Setzt man hier in obiger Formel für M die gesuchte zukünftige Masse M′ und für m die jetzige Masse M ein und nimmt man ferner für p die der Mitte des betr. Zeitraumes entsprechende Größe, so wird:

$$M' = M \cdot \frac{200 + np}{200 - np}$$

der Zuwachs ist in diesem Falle:

$$Z_1 = M' - M.$$

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.



